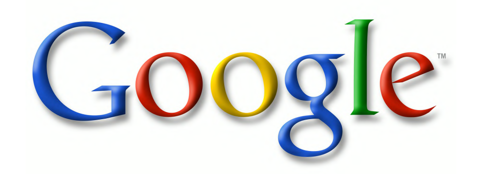
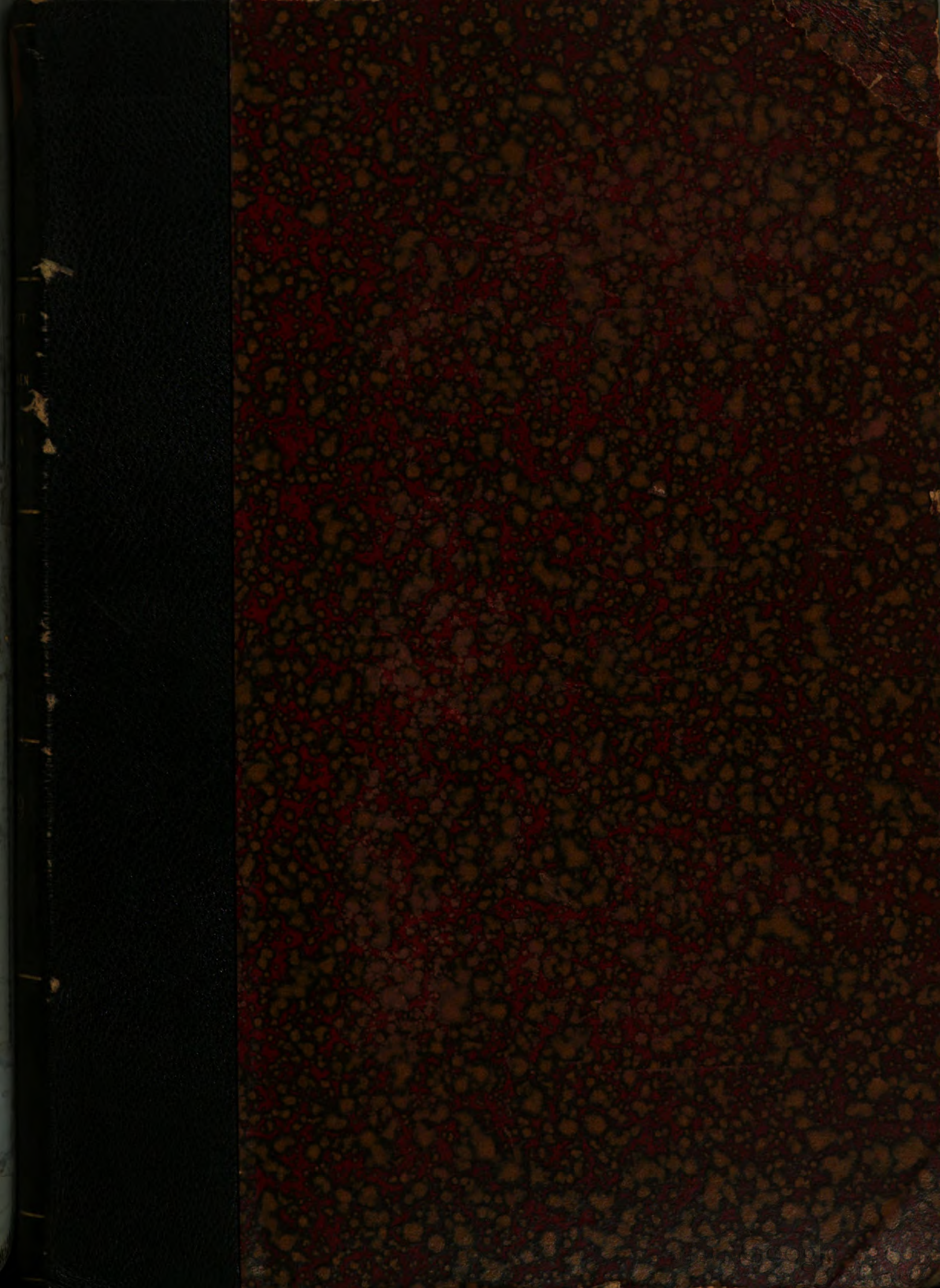






Zeitschrift

für den

Physikalischen und Chemischen Unterricht.

Begründet unter Mitwirkung von **Ernst Mach** und **Bernhard Schwalbe.**

In Verbindung mit

A. Höfler in Wien, **O. Ohmann** und **H. Hahn** in Berlin

herausgegeben

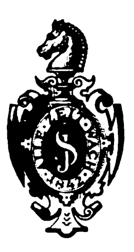
von

F. Poske.

Zweiundzwanzigster Jahrgang.

1909.

Mit zahlreichen Textfiguren und einer astronomischen Tafel.



Berlin.

Verlag von Julius Springer.

1909.



Inhalts-Übersicht.

* bedeutet „Kleine Mitteilung". Die mit kleinerer Schrift und in fortlaufendem Text aufgeführten Titel beziehen sich auf Berichte, die davorgesetzten Ziffern auf die entsprechenden Unterabteilungen der Berichte.

Allgemeines.

Himmelskunde und astronomische Geographie.

Physik.

1. *Mechanik der drei Aggregatzustände.*

2. Schall.

3. Wärme.

4. Licht.

Seite

(2.) Metallstrahlung (Saeland) 45. — Optische Eigenschaften des Natriumdampfes (R. W. Wood, Zickendraht) 116. — Altes und Neues über Stereoskopie 122. — Erzeugung von Linienspektren (E. Goldstein) 315. — Absorption und Dispersion des leuchtenden Wasserstoffs (R. Ladenburg, S. Loria) 316.

(3.) Zur Geschichte der Photographie (L. Günther) 258.

5. Elektrizität und Magnetismus.

(*1.*) Neue Form der Zambonischen Säule (Simpson) 114. — Effektivwert und galvanometrischer Mittelwert des Wechselstromes (K. Hoerner) 181, 250. — Vorlesungsversuch zur Demonstration eines magnetischen Drehfeldes (G. Bode) 308. — Einfacher Apparat zur Demonstration der Magnetisierungs- und Hysteresiskurven (A. Wehnelt) 309. — Versuche über die Wirkung einer elektrischen Spitze auf eine Kerzenflamme (Chianini) 310.

(2.) Röntgenstrahlen (W. Seitz, Barkla, Sadler, Bragg, Wind) 119. — Radioaktivität (H. Geiger, Rutherford, Makower, Regener, Dewar, Soddy u. a.) — Lichtelektrische Wirkungen (O. Rohde, P. Lenard, Sem Saeland) 251. — Aus der Magnetik (Pascal, Berndt, Torusch, Burrows, Russell, Gans u. a.) 252. — Aus der Magnetooptik (Lohmann, Purvis, Moore u. a.) 254. — Aus der Elektrooptik (Hagen, Rubens u. a.), 257. — Kanalstrahlen (W. Wien) 316. — Röntgenstrahlen (Baßler, Glasson, Herweg, Walter, Pohl, Barkla, Sadler, Stark) 381.

(5.) Fernübertragung von Schrift und Zeichnungen (Telautographie) 130. — Das Problem des Fernsehens 261. — Billige und handliche Vorschaltwiderstände (W. Volkmann) 390.

Chemie.

Neu erschienene Bücher und Schriften.





Programm-Abhandlungen.

Mitteilungen aus Werkstätten.



Versammlungen und Vereine.

Korrespondenz.

An den Berichten haben mitgearbeitet die Herren: Adami (Hof), Bennecke (Potsdam), Biegon v. Czudnochowski (Berlin-Wilmersdorf), J. Bloch (Berlin), H. Böttger (Berlin), E. Goldbeck (Berlin), W. Grosse (Bremen), H. Hahn (Berlin-Grunewald), A. Höfler (Wien), Keferstein (Hamburg), F. Körber (Groß-Lichterfelde), A. Krause (Groß-Lichterfelde), O. Ohmann (Berlin), H. Rebenstorff (Dresden), W. Roth (Greifswald), E. Schenck (Berlin-Charlottenburg), W. Volkmann (Berlin).

Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XXII. Jahrgang. Erstes Heft. Januar 1909.

Lichtzeigernadel nebst Zubehör für Galvanometrie und Magnetometrie.

Von
Prof. Dr. **Friedrich C. G. Müller** zu Brandenburg a. H.

§ 1. Galvanometer und Magnetometer mit Lichtzeigernadel haben sich in den bisher gebräuchlichen Ausführungsformen wegen ihrer umständlichen Aufstellung, wegen ihrer Empfindlichkeit gegen unzarte Behandlung und sonstige Störungen, wegen der notwendigen, pädagogisch sehr bedenklichen Zimmerverdunklung in der Unterrichtspraxis nicht allgemein einbürgern können. Oft fehlten sie überhaupt in der Apparatensammlung, was angesichts der unverhältnismäßig hohen Preise gar nicht wunder nehmen kann. Wenn sie vorhanden waren, dienten sie außer zum Vorzeigen nur bei einigen Versuchen mit Strömen äußerst geringer Spannung, bei denen man mit den gewöhnlichen Schulinstrumenten nicht auskommen konnte. Nun hat aber das Lichtzeigergalvanometer in hervorragendem Maße das Haupterfordernis eines guten Demonstrationsinstruments, von allen Plätzen eines großen Auditoriums gut ablesbar zu sein; daneben zeigt es im Bau seiner arbeitenden Organe die wünschenswerte Einfachheit und Übersichtlichkeit. Deshalb hat es auch nicht an Bemühungen gefehlt, seine ganze Aufmachung in der Richtung abzuändern, daß ein bequemer, zuverlässiger und billiger Schulapparat entsteht. Auch ich habe trotz meiner Vorliebe für das Wagegalvanometer der gedachten Aufgabe meine Aufmerksamkeit zugewandt und schon seit längeren Jahren vereinfachte Lichtzeigerinstrumente häufig vor der Klasse zu magnetometrischen und galvanometrischen Versuchen verwendet. In meiner „Technik des physikalischen Unterrichts“ ist ein derartiges Instrumentarium bereits beschrieben. Inzwischen habe ich dasselbe in seinen Einzelheiten noch weiter verbessert und den besonderen Erfordernissen des Schulgebrauchs angepaßt. Zugleich suchte ich es möglichst zu verbilligen und für die Selbstanfertigung unter alleiniger Mitwirkung von Handwerkern und unter Verwendung leicht und wohlfeil zu beschaffender Materialien geeignet zu machen. Um in dieser Hinsicht klar zu sehen, habe ich das ganze Instrument mit allen Nebenapparaten unlängst von Grund auf neu hergestellt, bis ins kleinste durchprobiert und vielfach vor der Klasse gebraucht. Es hat beim Unterricht und bei wissenschaftlichen Arbeiten allen Ansprüchen genügt[1]). —

Die Spiegelnadel, die Lichtquelle und die Skala sind durch ein in den Figuren 1 a, b, c (a. f. S.) in etwa $^1/_{13}$ Gr. gezeichnetes bankartiges Gerüst miteinander in starre Verbindung gebracht. Es besteht aus dem rechteckigen Brette AA — 115 : 20 : 2,5 cm — mit eingezapften Stützbrettern B von 10 cm Höhe nebst den darunter befestigten Holzprismen x, in denen die aus 8 mm starkem Messingdraht hergestellten Fußschrauben y sitzen.

[1]) Die nachfolgende Beschreibung ist so gehalten, daß jeder Fachmann sich darnach den Apparat selber anfertigen kann. Nennenswertes Mechanikergeschick ist nicht erforderlich, aber viel Kleinarbeit und allerlei Besorgungen. 30 Stunden Arbeitszeit dürften darauf zu verwenden sein. Die Auslagen betragen 15—20 M.

Auf dem einen Ende der Bank liegt der aus rechteckigen Leisten zusammengebaute kreuzförmige Sockel *C C D D*. Er besteht zu unterst aus je einem Paar im Abstande von 3 cm verlegten Leisten von 1,5 cm im Quadrat. Darauf sind je 2 um 0,5 cm breitere Leisten so geleimt, daß zwischen ihnen der Querschlitz *D* und

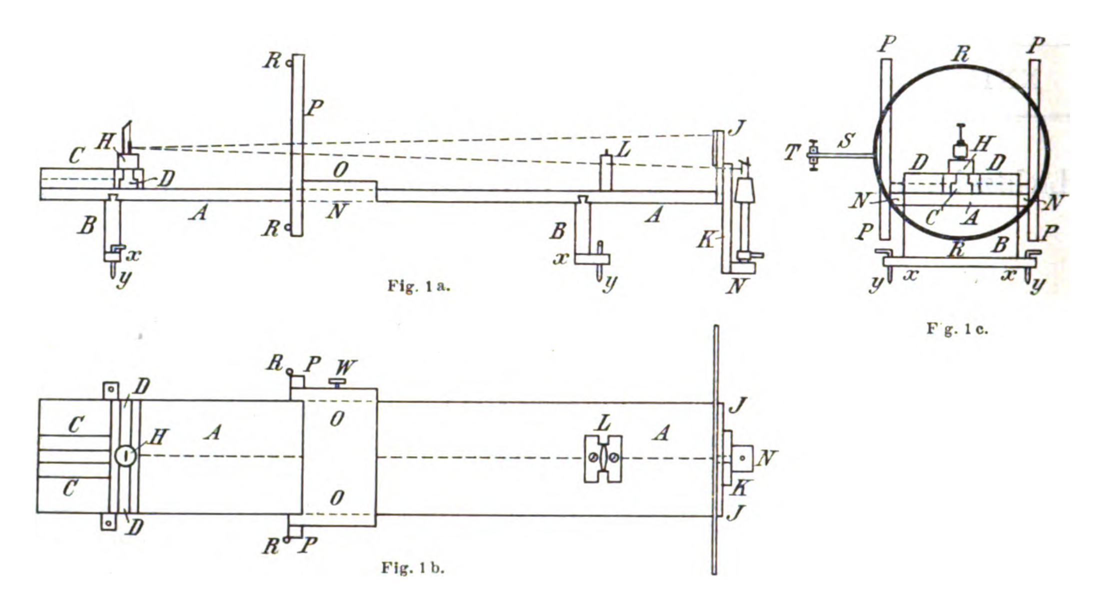


Fig. 1a. Fig. 1b. Fig. 1c.

der Längsschlitz *C* offen bleiben. Diese Schlitze dienen zum Einschieben der unten zu besprechenden Maßstäbe und Stromleiter.

Vor das andere Ende ist das Vertikalbrett *J* — 20 : 1,5 : 12 cm — befestigt, an dem die Skala aufgehängt wird.

Ebenfalls starr mit der Bank verbunden ist der Lampenträger *KN*, bestehend aus dem mitten hinter dem Vertikalbrett *J* angeschraubten Prisma *K* — 4 : 2 : 20 cm — und dem angezapften Fußstück *N* — 4 : 2 : 6 cm.

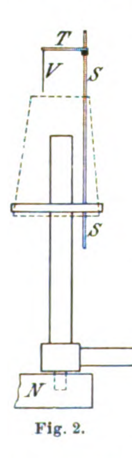


Fig. 2.

Alle Teile der Bank sind vom Tischler aus gutem alten Holz genau nach Maß und Winkel anzufertigen und mittels Messingschrauben und Leim zu verbinden. Auf *A* und *J* werden der Symmetrieebene entsprechende Mittellinien deutlich sichtbar eingerissen.

Der Beleuchtungsapparat, dessen allgemeine Anordnung aus Fig. 1a und 1b ersichtlich ist, wird in seinen wichtigsten Einzelheiten durch Fig. 2 wiedergegeben. Die Lichtquelle ist ein im Saum einer Bunsenflamme glühender, haarfeiner (0,1—0,15 mm) Platindraht. Man schraubt den seinem Eisenfuß entnommenen Bunsenbrenner gewöhnlicher Ausführung in ein passendes Loch des Lampenträgers *N*. Der eine Arm des sternförmigen Schornsteinträgers erhält eine vertikale Durchbohrung von 1,5 mm, durch welche eine Stricknadel *S* getrieben und nötigenfalls mittels einer Zange festgedrückt wird. *S* trägt den etwa 0,8 mm starken, kurzen Platindraht *T* und dieser an seinem freien Ende den etwa 2,5 cm langen Glühdraht *V*. *T* ist in Wirklichkeit, was in der Zeichnung nicht hervortritt, so um die Flamme herumgebogen, daß nur sein äußerstes Ende damit in Berührung kommt. Beim ersten Ingangsetzen wird der Glühdraht mittels Zange und Pinzette so eingestellt, daß er bei mittlerer Flammenhöhe höchste Leuchtkraft zeigt.

Zum Schutz gegen Luftzug ist die Flamme mit dem üblichen Schornstein umgeben. Die Rückseite des Vertikalbretts *J* ist gegen die Einwirkung der Hitze durch

ein aufgeschraubtes dünnes Messingblech geschützt. Selbstverständlich ist in der Mitte ein 1 cm breiter Schlitz für den Durchtritt des Lichtes vorgesehen.

Der Glühdraht muß so hängen, daß er sich beim Drüberwegvisieren mit der Mittellinie der Bank deckt. Kleine Abweichungen lassen sich durch Drehung des Sterns leicht berichtigen.

Die beschriebene einfache Glühfadenlampe hat sich im Gebrauch sehr gut bewährt. Sie ist jederzeit sofort betriebsfähig. Sollte durch Zufall der Glühdraht verbiegen oder brechen, so kann er in wenigen Minuten ersetzt oder wieder in Ordnung gebracht werden.

Zum Beleuchtungsapparat gehört noch die einfache bikonvexe Linse *L* von 20 cm Brennweite und 4 cm Durchmesser in einem aus rechteckigem Blech mit aufgebogenem Lappen gebildeten Halter, dessen Ort durch Vorversuche ermittelt wird, und der sich behufs scharfer Einstellung mittels Schlitzen unter Kopfschrauben ein wenig in der Mittellinie verschieben läßt.

Die Lichtzeigernadel ist in Fig. 3 in halber Größe wiedergegeben. Die nur 0,8 cm lange, aber doppelt so breite Nadel *NS* wird nebst dem 1,5 mm breiten Stiel *B* mit der Schaufel *C* von 4 mm im Quadrat aus etwa 0,7 mm starkem Stahlblech mittels Schere und Feile gemacht. Möglichst eben gerichtet, wird sie am Stiel senkrecht nach unten rotglühend in kaltes Wasser getaucht. Es ist wünschenswert, die Nadel nach dem Härten auf der Schmirgelscheibe oder auf einer Spiegelglasplatte mit Schmirgelpulver ganz eben zu schleifen, wobei ein mit Klebwachs aufgekitteter Kork als Handhabe dient.

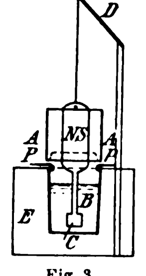


Fig. 3.

Die Quermagnetisierung der Nadel geschieht zwischen den für das Waltenhofensche Pendel bestimmten Halbankern des großen Elektromagneten, und zwar bei horizontaler Lage des Nadelblatts. Nötigenfalls tun es auch zwei auf die Pole eines starken Elektromagneten gelegte Stücke von 1 cm dickem Flacheisen. Ob die Magnetisierung gut gelungen, wird durch Streukurven festgestellt.

Auf die Nadelfläche, welche der Klasse abgewendet liegen wird, kittet man mittels einer Spur Klebwachs ein versilbertes Mikroskopier-Deckgläschen *A*, auf die andere als Gegengewicht ein gleiches, aber unbelegtes. Das Aufkitten geschieht am besten zwischen zwei erwärmten Spiegelglasplatten von etwa 10 cm Größe.

Die Gläschen haben das gewöhnliche Format von 1,5 cm im Quadrat. Man versilbert nach bekanntem Rezept gleichzeitig eine größere Zahl, wählt davon die guten aus und macht die andern mittels Salpetersäure wieder für ihren eigentlichen Zweck brauchbar. Die Prüfung geschieht in der Weise, daß man die Spiegel mit einer Pinzette unter einem Winkel von 45° in den Lichtkegel einer Bogenlampe oder durch eine kleine Öffnung gegangenen Sonnenlichts hält; dann muß unter der Decke ein möglichst unverzerrter quadratischer Lichtfleck erscheinen.

Die Spiegel sind mit voller Absicht weit größer genommen, als es sonst bei Reflexinstrumenten üblich ist. Sie erzielen eine solche Lichtstärke, daß die Lichtmarke auch im unverdunkelten Zimmer weithin sichtbar ist. Man hat nur dafür zu sorgen, daß die Skala im Schatten liegt. Auch sei noch hervorgehoben, daß selbst bei 50 cm Ausschlag der etwa 2 mm breite Index noch genügend hell und scharf ist. Zum Aufhängen der Spiegelnadel dient ein einfacher Kokonfaden an dem aus 2 mm-Messingdraht hergestellten, oben glatt geklopften und eingekerbten Träger *D*, welcher in einen mit Hohlraum versehenen, zylindrischen Bleifuß *E* eingelassen ist.

Die zur Herstellung des Fußes dienende, in Fig. 4 wiedergegebene Gießform besteht aus einem Holzzylinder *M* von 3,5 cm Dm., einem herumgerollten und mit Draht festgebundenen Streifen Schablonenblech *N* und dem von einem 2 mm starken Messingdraht *O* gehaltenen Holzkern *P*. Die Form wird vor dem Gebrauch über

einer Flamme bis zur beginnenden Bräunung vorsichtig erhitzt. Man gießt sie 2,5 cm hoch mit einer Legierung von Blei mit 20 % Antimon aus. Hinterher wird der abgekniffene Draht zum Nadelträger umgeformt und der Fuß schwarz lackiert.

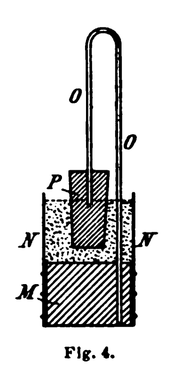


Fig. 4.

Der Hohlraum des Fußes, welcher behufs Nadeldämpfung zu $^3/_4$ mit Vaselinöl gefüllt werden soll, erhält einen Deckel *P*, aus einer runden Scheibe Schablonenblech und einem darunter gelöteten, in die Öffnung passenden, nicht ganz geschlossenen Ring aus 1 mm-Messingdraht. Die Scheibe erhält von der Ringlücke aus einen 6 mm breiten, diametralen Einschnitt, der in der Weise gemacht wird, daß man das Blech nur nach der einen Längsseite und nach der Schmalseite des zu bildenden Spalts mit dem Messer durchtrennt und den Lappen rechtwinklig aufbiegt. Dieser in der Fig. 3 punktiert angedeutete Lappen soll das Herumwerfen der Nadel durch starke ablenkende Kräfte oder beim Tragen und Fortstellen verhindern.

Beim Aufhängen der Nadel muß darauf geachtet werden, daß der Faden in der Meridianlage der Nadel möglichst torsionslos ist. Zu dem Zweck werden Fuß, Schlitz und Träger in Meridianlage gestellt und die Nadel mit dem eingeknüpften Faden in den Schlitz gesenkt. Dann legt man den Faden in den Kerb des Halters, zieht daran, bis die Nadel in der richtigen Höhe schwebt, und drückt das Ende nahe hinter dem Kerb mittels eines erwärmten Stifts auf ein zuvor auf den Träger gebrachtes Tröpfchen Klebwachs. Eine solche Aufhängung vollzieht sich, sobald man es einmal gemacht hat, schnell und leicht. Auch kann der Faden mit dem erwärmten Stäbchen, wenn nötig, sofort wieder losgemacht und etwas vorgezogen oder nachgelassen werden.

Das System erhält seinen Platz im Mittelpunkte des Kreuzes (*H*, Fig. 1), und ist sein Ort durch zwei auf die Leisten befestigte Ringsegmente aus Karton genau vorgezeichnet.

Ein rektanguläres, die Leisten *C* und *D* umgreifendes Pappfutteral mit einer dem Spiegel entsprechenden rechteckigen Öffnung schützt ausreichend vor Luftzug.

Über die Orientierung des ganzen Instruments wird weiter unten das Nötige gesagt werden.

Die Öldämpfung wirkt ganz vorzüglich. Die Nadel stellt sich fast ohne Schwingung sehr exakt ein, und zwar nicht kriechend, wie bei den aperiodischen Induktionsdämpfern, sondern dank ihrem kräftigen Magnetismus und dem geringen Trägheitsmoment binnen 2 Sekunden. Die Lichtmarke fliegt bei großen Ausschlägen über die Skala. Es können in einer einzigen Minute 15—20 Einstellungen und Ablesungen vorgenommen werden! Damit ist auch gesagt, daß die Nadel wechselnden Kräften entsprechend schnell zu folgen vermag, was namentlich bei den Grundversuchen über Induktion sehr erwünscht ist. —

Die S k a l a, welche beiderseits nicht weniger als 55 cm weit reicht, ist auf einen Kartonstreifen gezeichnet und mittels Reißnägeln auf einem 8 cm breiten Lineal aus Laubsägeholz befestigt. Sie wird mittels Blechwinkeln an dem Vertikalbrett *J* (Fig. 1) aufgehängt.

Hinsichtlich der Teilung habe ich eine wichtige Neuerung getroffen. Bis dahin bediente man sich einfach der Zentimeterteilung. Dann sind aber nur für kleine Winkel die Tangenten der Nadelablenkung den Ausschlägen der Lichtmarke proportional. Bei größeren Ausschlägen, wie sie bei Demonstrationsinstrumenten kaum entbehrt werden können, wird wegen der Winkelverdoppelung eine Korrektion erforderlich. Nach den Tabellen im Kohlrausch sind bei 1000 mm Skalenabstand die nachstehenden Beträge *b* von den Ausschlägen *a* abzuziehen.

$a =$	50	100	150	200	250	300	350	400
$b =$	0,0	0,2	0,8	1,9	3,7	6,4	10,0	14,6

Die Korrektion macht also schon bei 20 cm Ausschlag 1 % aus und wächst weiterhin sehr schnell. Dadurch wird, von der lästigen Rechnerei gar nicht zu reden, eine unmittelbare Übersichtlichkeit der abgelesenen Werte völlig zerstört. Deshalb bin ich, leider viel zu spät, zu dem Entschluß gekommen, die Gleichteiligkeit aufzugeben und eine **korrigierte Skala** herzustellen. Mittels eines graphischen Verfahrens erhielt ich die folgende Tabelle, nach der man die neue Skala leicht anfertigen kann. Die Teilstriche a liegen vom Nullpunkte b cm entfernt.

Tabelle zur Anfertigung der korrigierten Skala.

a)	0, 1		10	11	12	13	14	15	16	17	18
b)	0, 1		10.02	11,03	12,06	13,08	14,10	15,12	16,14	17,16	18,18
a)	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
b)	19,20	20,23	21,26	22,30	23.33	24,36	25,40	26,45	27,50	28,55	29,60
a)	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	
b)	30,65	31,70	32,75	33,85	34,95	36,05	37,15	38,26	39,37	40,48	
a)	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
b)	41,60	42,75	43,90	45,05	46,20	47,35	48,50	49,70	50,90	52,15	53,45

Die so erhaltene Skala ist bis zum zehnten Strich eine Zentimeterskala. Auch weiterhin bis zum Strich 30 erscheint sie dem Beschauer ebenso; aber bei 45 wächst der Strichabstand schon auf 1,2 cm. Ihre Theorie kann selbstverständlich zugleich mit der Theorie der Tangentengalvanometer erst auf der Oberstufe des Unterrichts behandelt werden. Auf der Unterstufe wird die Richtigkeit der Skala gerade wie bei den technischen Instrumenten mit empirischer Skala experimentell erwiesen und demonstriert. Und das bleibt überall die Hauptsache. Diese Prüfung vollzieht sich im Handumdrehen. Unter Anwendung des gleich zu erwähnenden Stromrings von 30 cm Dm. und einer 6-zelligen Akkumulatorenbatterie von verschwindendem innern Widerstand bringen wir bei der 4 V.-Stellung des Pachytropen die Lichtmarke mit Hilfe des Rheostaten genau auf den Strich 30 (8,7 Ω). Drehen wir dann die Walze auf 2 oder 6 V., so springt der Zeiger exakt auf 15 oder 45. Oder wir bringen den Index auf 24, dann geht er bei den 3 anderen Schaltungen auf 8, 16, 48.

Als die korrigierte Skala zum ersten Male in solcher Art ihre Probe bestanden hatte, war das Nächste, sie beiderseits bis zum 50sten Strich, entsprechend einer Länge von 53,5 cm und einem Ablenkungswinkel von 14,2°, zu verlängern. Damit ist ein großes Meßbereich geschaffen und eine verhältnismäßig große Genauigkeit gewährleistet. Auf mehrere Meter Abstand kann ja füglich nur auf Zehntel eines etwa 1 cm langen Skalenteiles abgelesen werden, und zwar durch Schätzung. Demnach beträgt der mögliche Ablesungsfehler beim Ausschlage 10 gerade 1 Prozent. Deshalb sollte man bei genauen Versuchen in der Regel nicht unter diesen Ausschlag kommen. Darüber aber verringert sich der Fehler proportional bis auf $^1/_5$ Prozent. — Wenn es gilt, einen bestimmten Ausschlag herauszubringen oder festzuhalten, so hängt man einen geschwärzten Draht an die betreffende Stelle der Skala.

Was nun die **Aufstellung des Instruments** betrifft, so erhält die Bank auf dem Experimentiertische ein für allemal ihren vorgezeichneten Platz, der in jedem Auditorium mit Rücksicht auf die Bequemlichkeit des Experimentierens und auf die gute Sichtbarkeit zu bestimmen ist. Es spricht dabei namentlich das Azimut der Zimmerachse mit. Nord-Süd ist am ungünstigsten, Ost-West am günstigsten. In ersterem Falle muß das Instrument ganz ans Ende des Tisches kommen, und die Skala den an derselben Seite sitzenden Schülern mittels eines geneigten Spiegels sichtbar gemacht werden.

Nachdem die Bank in wagerechte Lage gebracht, wird der Kreuzsockel mittels einer guten Bussole oder einer langen schmalen Magnetnadel bis auf $^1/_{10}{}^0$ genau nach dem



magnetischen Meridian orientiert. Dann markiert man durch leise Hammerschläge auf die Fußschrauben die drei Fußpunkte auf der Tischplatte und vertieft sie hinterher noch etwas mittels eines Körners. Auf die so in Stellung gebrachte Bank wird die Nadel gesetzt. Nunmehr fällt, wenn der Glühfaden, wie oben erwähnt, richtig eingestellt worden ist, der durch die Linse gegangene Lichtkegel mitten auf den Spiegel. Gleichzeitig muß das Bild des Glühdrahts auf der Skala erscheinen. Es wäre Zufall, wenn die Lichtmarke genau auf die Null-Linie fiele, der Faden also ganz torsionslos wäre. Aber durch Drehen des Nadelfußes läßt sich dies leicht erzielen. Schließlich markiert man diese Stellung. Nunmehr ist die jedesmalige Wiederaufstellung des Instruments eine rein mechanische, leichte und binnen einer Minute erledigte Arbeit. Es sei aber bemerkt, daß bewegliche größere Eisen- und Stahlgegenstände, z. B. unter dem Tische stehende Bunsenstative, jedesmal außer Störungsbereich gebracht werden müssen.

§ 2. Das galvanometrische Zubehör besteht zuerst aus einem Ring *R* von 30 cm Durchmesser, der in den Figuren 1a u. 1b im Durchschnitt, in Fig. 1c aber von vorn erscheint. Man macht ihn aus Messingdraht von 3 mm Stärke, indem man von dem käuflichen Ringknäuel ein etwa 96 cm langes Stück abkneift und seine Enden stumpf voreinander lötet. Dieser etwas zu große Ring wird mit dem Holzhammer bestens ausgerichtet. Dann mißt man seinen Umfang mittels eines herumgelegten Meßbandes und findet beispielsweise 95,4 cm. Da nun der richtige Außenumfang $\pi\ (30{,}0 + 0{,}15) = 94{,}5$ betragen muß, kneift man den Überschuß mit 2 mm Zugabe von dem einen Ende ab, in unserm Falle 7 mm. Nun werden die in Fig. 1c sichtbaren, 8 mm breiten, 12 cm langen Streifen *S* aus Messingblech von 1 mm Stärke mit ihren 3 mm weiten Bohrungen auf die Drahtenden gepaßt und festgelötet, und zwar so, daß der Draht je 1 mm durchsteht. Dies durchstehende Stück wird im Schraubstock plattgehämmert wie ein Niet. Hierauf legt man um jeden Streifen der Länge nach ein Stück Isolierband, vereinigt sie durch Bunde Isolierband und schnürt zur vollkommenen Befestigung noch ausgeglühten Messingdraht herum. Die Klemmen *T*, welche bereits vor dem Ansetzen der Streifen aufgelötet waren, sind fast bis zum Loch fortgefeilt worden, so daß die Enden des stromzuführenden Doppeldrahts kaum 5 mm von einander abliegen.

Zur Befestigung und Einstellung des in solcher Art entstandenen genauen Ringes dient ein vom Tischler genau nach dem Winkel angefertigter Schlitten *NOP*, bestehend aus 2 Führungsleisten *N* und dem Verbindungsbrett *O*. Auf den Wangen von *N* sind vorn die 35 cm langen, 2 cm dicken, quadratischen Ständer *P* in lotrechter Stellung angebracht. Auf diese wird der Ring in der Weise befestigt, daß man ihn federnd um 4 an richtiger Stelle eingetriebene Messingnägel legt. Er kann also abgenommen und durch anders gestaltete Leiter ersetzt werden. In der Grundstellung des Schiebers liegt die Ringebene genau in der Nadelebene. Man kann sie aber auch parallel zu sich selbst abrücken. Um die Größe dieser Verschiebung zu messen, ist auf der den Schülern sichtbaren Schmalseite der Bank ein Millimetermaßstab aus Karton, dessen Zentimeterstriche man verstärkt und pentadenweis durch Färbung gekennzeichnet hat, befestigt. Ein in den betreffenden Schlittenständer eingetriebener, kurzer, rechtwinklig gebogener Messingdraht gibt mit seiner geschwärzten Spitze einen scharfen Einstellindex. Um eine bestimmte Schlittenstellung zu sichern, dient die Druckschraube *W*. —

Wir machen an dieser Stelle einen kurzen Halt, um das Instrument, soweit es bis jetzt beschrieben, in seiner Eigenschaft als Amperemesser näher anzusehen. Im Mittelpunkte des 30 cm-Ringes bedeuten 10 cm Ausschlag bei der Horizontalintensität 0,18 einen Strom von 0,213 Amp. Durch Abrücken des Ringes lassen sich nun bequemere Faktoren, insonderheit der Faktor 1, herausbringen. In unserm Falle entsprechen beim Abstande 20,25 cm je 10 Skalenteile einem Ampere. Dieser Punkt



wird durch Rechnung oder mittels eines Vergleichsamperemessers vorläufig bestimmt, dann aber mittels des Voltameters auf das genaueste festgelegt. Auch vor der Klasse wird eine Nacheichung mit Hilfe des Knallgasvoltameters vorgenommen.

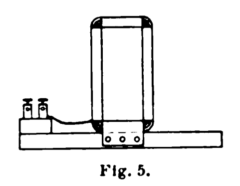
Es braucht kaum bemerkt zu werden, daß man nach Wunsch und Zweckmäßigkeit das Instrument sofort auch auf halbe oder auf Doppelamperes einstellen kann, indem man die auf 20 einstehende Lichtmarke durch Näherschieben des Schlittens auf 40 bringt; oder umgekehrt.

Mit dem auf Ampere justierten Ringe ist unser Spiegelgalvanometer ein bequem zu handhabender, schnell und exakt arbeitender, übersichtlich und einfach gebauter, weithin ablesbarer Amperemesser von weitem Meßbereich, ebenso geeignet für den Unterricht wie für wissenschaftliche und technische Arbeiten im Laboratorium.

Vor dem Wagegalvanometer mit Reiterverschiebung hat unser Instrument den Vorzug, daß es keiner Beihilfe des Experimentators bedarf, ungleich schneller arbeitet und allen Veränderungen der Stromstärke, einschließlich der Stromumkehr, offensichtlich folgt.

Auf der anderen Seite ist zu beachten, daß Nadelinstrumente Störungen durch fremde Kraftlinien ausgesetzt sind. Beim Experimentieren mit stärkeren Strömen muß man besonders auf die Einwirkung der Zuleitung achten, wozu auch der innere Strom der Batterie gehört. Meine 6zellige Akkumulatorenbatterie hat z. B. für gewöhnlich ihren Platz mitten unter dem Experimentiertische, muß aber, wenn ihr Strom mittels des beschriebenen Lichtzeigeramperemessers gemessen werden soll, ans entfernte Tischende gefahren und in ostwestlicher Richtung aufgestellt werden. Man hat sich und die Schüler bei jeder Versuchsanordnung, wo die Lichtzeigernadel mitwirkt, davon zu vergewissern, ob die Zuleitung ohne Einwirkung auf die Nadel ist. Man läßt einen Strom hindurch, der einen Ausschlag von 40—50 bewirkt und macht dann an den Ringklemmen Kurzschluß. Nun darf sich die Lichtmarke nicht merklich von Null entfernen.

Für schwache Spannungen und Ströme ist der in Fig. 5 skizzierte Multiplikator bestimmt. Der rechteckige Rahmen von 4 : 9 cm Innenweite und einem Wicklungsraum von 1,2 cm im Quadrat läßt sich in leicht verständlicher Weise aus einem Streifen von 1 mm dickem Messingblech durch Aufbiegen der durch Einschnitte abgegrenzten Seitenlappen anfertigen. Mittels der etwas längeren unteren Lappen wird er auf eine Holzleiste gepaßt, welche sich mit leichter Reibung in den Querschlitz D, Fig. 1, einschieben läßt. Der Rahmen wird innen und außen schwarz lackiert.


Fig. 5.

Da der Multiplikator beim Unterricht fast ausschließlich für Schwachströme niedriger Spannung, wie bei Versuchen über Induktion und Thermoelektrizität, Verwendung findet, ist es angezeigt, die Wicklung nicht aus Tausenden von Windungen haarfeinen Drahts, sondern aus einigen 100 Windungen dickeren Drahts herzustellen. Ich habe 0,5 mm-Draht verwandt, von dem etwa 250 Windungen auf den Rahmen gingen mit 7,6 Ohm Widerstand bei Zimmertemperatur.

Das Wickeln geschieht am besten auf der Drehbank. Man befestigt im Rahmen ein rechteckiges Holz, durch dessen Mitte ein fingerdicker, kurzer Stab als Achse getrieben ist. Mit diesem Zapfen wird er im Klemmfutter der Drehbank befestigt. Wo eine solche nicht vorhanden, wird der Rahmen an dem Zapfen im Schraubstock befestigt und das Aufwickeln freihändig gemacht. Der zu verwickelnde Draht muß auf eine Holzrolle gespult sein, die man um einen Dorn mit einiger Reibung drehbar macht und handgerecht aufstellt. Es werden ungefähr 85 m Draht im Preise von 2 M verbraucht.

Der so hergestellte Multiplikator gibt 1 cm Ausschlag bei einer Klemmspannung von $0{,}148 \,.\, 10^{-3}$ Volt, bzw. mit einem Strom von $0{,}0195 \,.\, 10^{-3}$ Amp. Sehr günstig ist der



Umstand, daß dank der winzigen Nadellänge die Ausschläge bis zum 40. Skalenteil den Stromstärken genau proportional sind, von 40—50 nur um ein weniges zu klein ausfallen.

Es bleibt noch zu beachten, daß die Empfindlichkeit von Nadelinstrumenten mit Hilfe eines Richtmagneten in weiten Grenzen leicht und schnell vergrößert oder verringert werden kann, wobei unser Instrument noch eine besondere Bequemlichkeit bietet. Man braucht nur einen längeren Stabmagneten quer über den Schlitten zu legen, am besten den Ständern P von hinten fest anliegend und durch federnde Blechwinkel in fester Lage gehalten. Man läßt zu dem Zweck in einer Eisenhandlung von einer Gußstahlstange mit rechteckigem Querschnitt, etwa 0,3 : 2,0 cm, ein 25 cm langes Stück abhauen und magnetisiert es. Dieser Stab wird in der angedeuteten Weise hochkant auf dem Schlitten befestigt und so in seiner Längsrichtung verschoben, daß der Lichtzeiger vor wie nach auf Null einsteht. Soll die Richtkraft der Nadel vergrößert werden, so muß der Magnet mit dem Nordpole nach Süden liegen. Man hat der Nadel unter Verwendung des Multiplikators vorher den Ausschlag 40 erteilt und bringt nun den Ausschlag durch Heranschieben des Schlittens auf 20 . . . 10 . . . 5 . . . 4 zurück, wobei man sich jedesmal versichert, daß die Nadel bei Stromunterbrechung auch richtig auf Null geht.

Bei umgekehrter Pollage des Richtmagneten wird die vorher auf eine niedrige Ziffer eingestellte Lichtmarke auf irgendein Vielfaches gebracht. Bei einer 5-fachen Steigerung der Empfindlichkeit ist die Nadelbewegung zwar so verlangsamt, daß auf eine Einstellung 20—25 Sekunden kommen, aber die Einstellung ist noch völlig scharf und treu. Bei dieser Empfindlichkeit bedeutet 1 cm Ausschlag $0{,}03 \cdot 10^{-3}$ Volt bzw. $0{,}004 \cdot 10^{-3}$ Amp.

Wenn man die Abstände des Richtmagneten als Abszissen und seine als Multipla der erdmagnetischen Richtkraft gezählten Richtkräfte als Ordinaten in ein Millimeternetz einzeichnet und die dadurch bestimmte Kurve zieht, so werden sofort auch die Einstellungen für jede Zwischenstufe der Empfindlichkeit ersichtlich.

Ganzzahlige Multipla der natürlichen Richtkraft können bei magnetometrischen Versuchen gelegentlich sehr wünschenswert sein; in der Galvanometrie hingegen ist eine Regulierung der Nadelempfindlichkeit auf bequeme Vielfache des Mikrovolt oder Mikroampere angezeigt. Unser Multiplikator, welcher so $19{,}5 \cdot 10^{-6}$ Amp. für den Skalenteil ergibt, gibt $5 \cdot 10^{-6}$, wenn die Richtkraft im Verhältnis $5/19{,}5 = 0{,}256$ herabgesetzt wird; der Richtmagnet liegt dann im Abstande 32,4 cm. Bei dieser Empfindlichkeit gibt z. B. der Strom einer Holzschen Influenzmaschine 5 cm Ausschlag; ein einziges Thermoelement aus Eisen- und Konstantandraht bewirkt für 1^0 Temperaturerhöhung 1,3 Skalenteile Ausschlag; ein Erdinduktor mit 200 Windungen von je 200 qm Querschnitt horizontal 6,4, vertikal 16,0 bei 2 Umdrehungen in der Sekunde. — Wenn man will, kann man die Empfindlichkeit auch bis aufs Doppelte hinauftreiben.

Das mit Ring, Multiplikator und Richtmagnet ausgerüstete Lichtzeigergalvanometer reicht für alle nur denkbaren Erfordernisse des Unterrichts und Laboratoriums aus. Es ist für Ströme jeder Größenordnung von 50 Amp. bis zum Mikroampere hinab geeignet und verfügt in jeder Ordnung über ein Meßbereich von 500 Einheiten, sowohl nach der positiven als negativen Seite. —

Was nun die Frage der bequemen Unterbringung des etwas sperrigen Instruments betrifft, so ist zu berücksichtigen, daß es außer der Nadel keine gegen Staub empfindlichen Teile besitzt. Deshalb hänge ich die Bank für gewöhnlich mittels einer am Lampenfuß befestigten Öse an der Wand auf und stelle nur die Nadel mit einer kleinen Glasglocke überdeckt in den Apparatenschrank. In den Tagen häufigen Gebrauchs belasse ich die Nadel an ihrem Platz und stelle die Bank auf ein Wandbrett oder einen Vorbereitungstisch. Die abnehmbare Skala wird unter der Bank in Schlitzen der Fußbretter untergebracht. Um das Instrument vom Wandbrett des



Apparatenzimmers in das Lehrzimmer zu holen und bis zum Einstehen der Lichtmarke gebrauchsfertig zu machen, bedurfte es durchschnittlich nicht mehr als 2 Minuten Zeit.

§ 3. Das Zubehör für die Bestätigung des Grundgesetzes $k = \frac{i \mu \, dl}{r^2} \sin \alpha$ besteht zunächst aus einem Ringe von nur 10 cm Durchmesser, der wie der 30 cm-Ring angefertigt, aber wie der Multiplikator auf einer Leiste befestigt wird, um in den Querschlitz eingeschoben zu werden. Konzentrisch mit dem großen Ringe gibt er dreimal größere Ausschläge. Man bringt mittels des Rheostaten den Ausschlag beim kleinen Ringe auf 30, dann gibt der große 10, beide hintereinander geschaltet, entweder im gleichen oder im entgegengesetzten Sinne, geben die Ausschläge 40 oder 20. Damit ist binnen einer Minute das Gesetz der Tangentenbussole und die Tatsache der algebraischen Überlagerung der Felder eindrucksvoll bestätigt.

Eine weitere Bestätigung des gleichen Gesetzes ergibt sich aus den zusammengehörenden Ziffern der beim Abrücken des Ringes eintretenden Abnahme seiner Wirkung auf die Magnetnadel. Die beobachteten Ablenkungen stimmen gut überein mit den aus den Abständen berechneten.

Eine besondere Aufgabe bietet noch die schulmäßige theoretische und experimentelle Behandlung des in der Laplaceschen Formel enthaltenen Sinusgesetzes, das zwar bei der Tangentenbussole außer Betracht fällt, bei rechteckigen Multiplikatoren aber sehr wesentlich ist. Eine befriedigende Lösung dieser Aufgabe ist bislang nicht veröffentlicht worden; auch nicht für den von Biot und Savart behandelten Grenzfall der Wirkung unendlich langer linearer Ströme auf einen Magnetpol. An dieser Stelle kann, um den Zusammenhang nicht zu unterbrechen, hierauf nicht näher eingegangen werden; das bleibt einem besonderen Aufsatz vorbehalten. Jetzt handelt es sich nur um eine kurze Beschreibung der von mir in Verbindung mit dem geschilderten Instrumentarium zusammengebrachten Hilfsmittel zur experimentellen Bestätigung des fraglichen Grundgesetzes. Aus der transformierten Formel $k = \frac{J \mu}{r} \sin \varphi$, deren Sinn aus Figur 6 ersichtlich ist, ergeben sich besonders einfache Formeln für Quadrat und gleichseitiges Dreieck in bezug auf ihre Mittelpunkte. Man biegt aus Messingdraht von 2 mm Stärke einen Kreisring von 30 cm Durchmesser, sowie ein umschriebenes Quadrat und gleichseitiges Dreieck und vereinigt diese drei Leiter, so wie Fig. 7 es zeigt, mittels Isolierband, bei gegenseitiger Isolation. Dies System kann mittels des Kreisrings auf die oben erwähnten Stifte in den Schlittenständern gespannt und in die Ebene der Lichtzeigernadel gebracht werden.

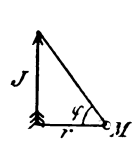
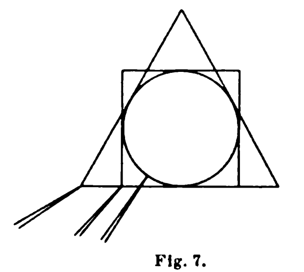


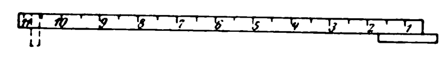
Fig. 6.


Fig. 7.

Nach der Theorie müssen sich ihre Wirkungen verhalten wie $2\pi : 4\sqrt{2} : 3\sqrt{3} = 50 : 45 : 41{,}5$. Man läßt also den Strom zuerst durch den Kreis gehen und reguliert ihn auf 50. Leitet man ihn darauf durch Quadrat und Dreieck, so erfolgen mit großer Annäherung die Ausschläge 45 und 41,5.

Auch der Fall ist noch einfach und lehrreich, wenn das Quadrat herumgeklappt wird, so daß es den Kreis von unten berührt. Der Ausschlag sinkt dann auf 5,7.

Das Zubehör für Magnetometrie umfaßt zunächst eine in Fig. 8 sichtbare Meßleiste, 112 : 4 : 1 cm, die hochkant auf ein Holzprisma, 13 : 3 : 2 cm, gesetzt ist, mit dem sie in den Längsschlitz C (Fig. 1) geschoben werden kann. Um ihr eigenes Schweremoment und das auf sie gestellter Dinge aufzuheben, fertigt man sich einen passenden, unter ihr freies Ende zu stellenden, auf dem Fußboden stehenden Stützstab. Die


Fig. 8.

Leiste ist auf beiden Seiten mit Papier beleimt und mit einer gut sichtbaren Halbdezimeterteilung versehen. Auf der schmalen Oberkante erhält sie in genauer Übereinstimmung mit den Teilstrichen 1,5 cm tiefe, 2,5 mm weite Bohrungen zum Einstellen der gleich zu erwähnenden Magnete. Die Oberkante liegt etwa 0,5 cm tiefer als die Nadelmitte. Es ist sorgfältig darauf zu achten, daß der Nullpunkt der Teilung genau mit der Nadelebene zusammenfällt.

Außer dieser sind noch zwei nur 60 cm lange, sonst gleich ausgerüstete Leisten vorgesehen, welche, in die Querschlitze geschoben, zu Messungen in II. Hauptlage dienen sollen.

Für die Ableitung des Coulombschen Grundgesetzes sind zwei lineare Magnete von 2 m Länge aus hartgezogenem Gußstahldraht von 2 mm Stärke bestimmt. Sie werden aus dem käuflichen, in Ringen gewickelten Drahte mittels des Hammers auf Holzunterlage gerade gerichtet. Zur besseren Handhabung wird einer dieser Stäbe in seinem mittleren Teile mittels Messingkrammen an einer 1,5 m langen Holzleiste von 1 cm im Quadrat befestigt, der andere wird ebenso an der Gegenseite des Stabes befestigt, aber etwas lockerer, so daß er unter einiger Reibung herausgezogen oder wieder eingeschoben werden kann.

Die Stäbe werden dadurch magnetisiert, daß man sie durch eine ganz kurze, mit 200 Amperewindungen auf 1 cm betätigte Spule hindurchführt. Sie bekommen eine Polstärke von etwa 30 Einheiten und sind nur bis auf 8 cm von ihren Enden merklich magnetisch; ihre Pole liegen 2 cm vom Ende. Jeder einzelne Pol bewirkt in 40 cm Abstand an der Skala der Lichtzeigernadel etwa den Ausschlag 22, beide Stäbe vereint 44. Stärkere Stäbe würden also die Marke schon bei 50 cm Abstand über die Skala hinaustreiben.

Um die an und für sich schon sehr unbeträchtliche störende Wirkung des zweiten Pols gänzlich auszuschalten, wird der Stab so weit übergeneigt, daß der Fernpol senkrecht über die Nadel kommt.

Die Bestätigung des Coulombschen Gesetzes vollzieht sich mit dieser Einrichtung im Handumdrehen, ganz mechanisch. Man setzt den Doppelstab in die Löcher 10, 5; 8, 4; dann den einfachen in 8, 4; 6, 3. Die Ausschläge entsprechen den umgekehrten Quadraten der Abstände und sind beim Doppelstab doppelt so groß wie bei einem. Dutzende von mir notierte Beobachtungsreihen ergeben dies. Bei der letzten fanden wir:

	r	a		r	a
1.	80 cm	5,6	2.	100 cm	6,8
	40	22,2		50	27,8
	60	10,1		80	10,8
	30	39,2		40	43,0

Es hat sich gezeigt, daß man mit diesen dünnen Magnetstäben dank ihrer kurzen Polregion noch bis auf 30 cm Abstand hinabgehen kann. Bei größerer Annäherung muß das Coulombsche Gesetz versagen auf Grund des — Coulombschen Gesetzes. Um die Größe der Abweichung festzustellen, wurde mittels des Richtmagneten die Empfindlichkeit auf den achten Teil herabgebracht. Nun ergab der Magnetpol bei 30, 20, 15, 10 cm Abstand die Ausschläge 4,9, 10,8, 18,4, 39,8. Demnach ist seine Wirkung in 10 cm Abstand um 11 % niedriger, als sie unter Voraussetzung eines Punktpoles gewesen wäre. Beiläufig bemerkt, wird die Abweichung, wenn zwei Pole wie bei der Stricknadelpolwage einander gegenübergestellt werden, noch größer sein. —

Zur Demonstration des Fernwirkungsgesetzes ganzer Magneten und zur Bestimmung der Horizontalintensität in absolutem Maß nach der Methode von Gauß dient ein rektangulärer Stab von den Abmessungen 10 : 1 : 0,6 cm, welcher senkrecht zur schmalen Fläche durchbohrt und mit Gewinde versehen ist zum Einschrauben



eines Hütchens oder eines Aufhängehakens. Für Ablenkungsbeobachtungen befestigt man in dem Loch einen kurzen Stift von 2 mm Dicke, mit dem der Stab in den erwähnten Löchern der Meßleisten festgestellt wird. Bei jeder Bestimmung, sei es in I. Hauptlage auf der Längsleiste, sei es in II. Hauptlage auf den Querleisten, wird der Magnet umgedreht und das Mittel aus den entgegengesetzten Ausschlägen genommen. So läßt sich das Gaußsche Gesetz sehr exakt und unglaublich schnell bestätigen. Eine Reihe von je 4 Doppelablesungen dauert kaum 2 Minuten.

Durch Verbindung der Ablenkungsbeobachtungen mit der Feststellung der Richtkraft ergibt sich in bekannter Weise die Horizontalintensität. Für mein Instrument ist sie 0,180. Diese Ziffer ergab sich unter Verwendung des Pendeldynmessers (vergl. meine Technik S. 223) auf 1 % genau. In ihr steckt aber noch die Fadentorsion, welche in Anbetracht der Kürze des Fadens vielleicht nicht unerheblich ist. Sie läßt sich leicht bestimmen und vor der Klasse demonstrieren, indem man den Fuß der Nadelaufhängung nach Fortnahme des Lochdeckels einmal ganz herumdreht. Dann steht die Marke nicht mehr auf Null, sondern auf 7,9. Da der größte Ausschlag, nämlich 50, einer Nadeldrehung von $14{,}2^0$ entspricht, so beträgt die Korrektion für diesen Ausschlag $7{,}9 \cdot 14{,}2/360 = 0{,}31$ cm, also 0,62 %. Demnach wäre die Horizontalintensität um einen Betrag zu verringern, der sich erst in der 4. Dezimale äußert. Übrigens ist als Galvanometer- und Magnetometerkonstante das unkorrigierte H zu nehmen. Nur beim Erdinduktor müßte der wahre Wert in Rechnung gesetzt werden.

Die beschriebene Magnetometereinrichtung kann schließlich noch vorteilhaft zu Versuchen über Koerzitivkraft und Permeabilität verwendet werden, wobei die in Fig. 9 abgebildete Spule nebst Zubehör sich als bequem und zweckmäßig erwiesen hat. Die Spule A wird durch ein Messingrohr von 15 cm Länge, 1 cm Innenweite und 1 mm Wandstärke, wie es durch jede Eisenhandlung bezogen werden kann, gebildet. Auf die Enden des Rohrs lötet man quadratische Scheiben von 4 cm Breite aus 1 mm starkem Messingblech. Zwei entsprechende 1 cm dicke Holzplatten C zum Tragen der Klemmschraubenpaare E, F und G, H werden durch Kopfschrauben mit den Scheiben verbunden. Ein etwas kleineres und geschwärztes Blech D ist auf der Röhrenmitte festgelötet. Die Wicklung aus 0,5 mm-Draht beginnt bei E; das Ende der ersten Lage ist mit H verbunden; die zweite Lage geht von G aus zurück nach F. Während E und F für die Aufnahme der Poldrähte dienen, sind G und H durch den aus 2 mm starkem Messingdraht gebogenen Kompensationsring R verbunden, dessen Durchmesser in Wirklichkeit etwa 27 cm beträgt. Die Spule ist mittels der Einschnitte auf der Meßleiste Fig. 8 verschiebbar, wobei das Blech D ihren Standpunkt anzeigt. Für jeden Spulenort läßt sich R so vor- oder zurückstellen, daß die Nadel beim Durchleiten eines Stromes in Ruhe bleibt. Falls die Wirkung der Spule allein beobachtet werden soll, wird der Ring fortgenommen und durch einen kurzen Verbindungsdraht ersetzt.

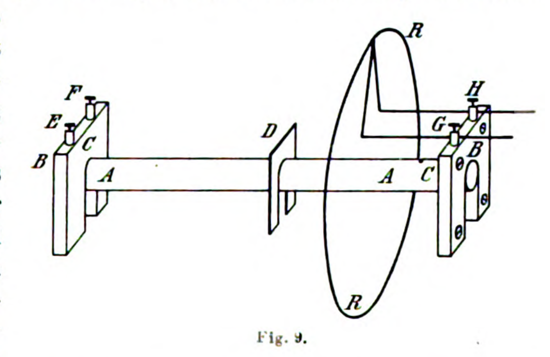


Fig. 9.

Meine Spule enthält 404 Windungen, also 34 auf 1 cm. Ihr Widerstand beträgt bei Zimmertemperatur 1,6 Ohm. Die geringe Drahtdicke ermöglicht, so viele enge Windungen aufzubringen. Allerdings wird die Spule bei Dauerbelastung mit Strömen von über 4 Amp. sehr heiß werden. Aber es bedarf bei den Versuchen über Permeabilität und Koerzitivkraft nur 3 Sekunden langer, bei solchen über die Stärke des dauernden Magnetismus nur momentaner Stromstöße, so daß man auf 15 Amp.

(600 Amp.-Windungen) gehen kann. Überdies wird die Wärme durch die Messingröhre und Messingplatten abgeleitet.

Als Versuchsobjekte dienen 10 cm lange, 5 mm dicke Rundstäbe aus Eisen und Stahl, die in jeder Eisenhandlung billigst zu beschaffen sind. Für den Unterricht genügen solche aus weichem Eisen, naturhartem, glashartem und angelassenem Stahl. Die Stäbe *K*, Fig. 10, erhalten in der Mitte eine gut sichtbare Marke. Um sie genau

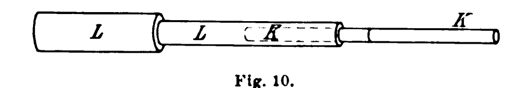


Fig. 10.

in die Mitte der Spule zu bringen, dient ein Holzzylinder *L*, in dessen 5 mm weite und 40 mm tiefe axiale Bohrung die Stäbe mit einiger Reibung passen. Der Griff ist so abgesetzt, daß beim völligen Hineinschieben des Stabes in die Spulenhöhlung die Mitten der Probestäbchen genau in die Mitte der Spule fallen müßten, was sich durch Drauflegen leicht kontrolieren läßt.

Die auf die Längsleiste Fig. 8 gesetzte Spule wird zugleich mit einem Rheostaten und einem auch für Stromunterbrechung eingerichteten Kommutator in den Kreis einer mindestens 6zelligen Akkumulatorenbatterie gebracht. Außerdem kann auch ein geeigneter Demonstrationsamperemesser eingeschaltet werden. Dieser ist indessen entbehrlich, da man aus der Rheostatenstellung die Stromstärke ersieht, nachdem man durch einige Vorversuche unter Miteinschaltung des Galvanometerringes die Beziehung zwischen Stromstärke und Vorschaltwiderstand ausgemittelt und graphisch dargestellt hat.

Der Abstand der Spule richtet sich nach der zu erwartenden magnetischen Kraft. In der Regel sind es 50 cm, bei welcher Stellung auch der bis zum Maximum magnetisierte Eisenstab die Lichtmarke nicht über die Skala hinaustreibt. Bei jeder wird der Kompensationsring so gestellt, daß die leere Spule keine Ablenkung hervorbringt.

Zur Erläuterung sei folgende Versuchsreihe mitgeteilt, deren Ausführung vor der Klasse nur 10 Minuten in Anspruch nimmt. Es bedeutet n die Zahl der Amperewindungen auf 1 cm, a die vorübergehende, a' die bleibende Ablenkung.

Gehärteter Stahl:

$n =$	20	40	60	80	120	200
$a =$	1,6	3,2	5,3	9,6	22,1	31,4
$a' =$	0	0	0,2	2,0	9,8	13,0

Zwei momentane Stromstöße links, d. h. in der umgekehrten Richtung, bewirken dann bei $n = 200$ $a' = 12{,}7$, 13,0. — Drei wieder rechts $a' = 12{,}8$, 13,0, 13,0. — Drei wieder links $a' = 12{,}8$, 13,0, 13,1.

Weiches Eisen:

$n =$	30	60	100	200
$a =$	12,1	23,2	37,0	44,0
$a' =$	0,7	0,7	0,7	0,7

Es ist hier nicht der Ort, weiter auf diese Klasse von lehrreichen und praktisch wichtigen Tatsachen einzugehen. Es ist erstaunlich, was es mit dieser Apparatenzusammenstellung alles zu beobachten gibt. Besonders interessante und teilweise neue Beobachtungen bietet die Koerzitivkraft des Stahls, die, ähnlich wie sein elastisches Verhalten, in eigenartigster Weise von der Vorbehandlung und allen möglichen äußeren und inneren Ursachen abhängt*).

*) Das im vorstehenden Aufsatz beschriebene Instrumentarium wird von der Firma Max Kohl für 120 M angefertigt.



Ein neuer Galvanometer-Nebenschluß.

Von
Karl Kommerell in Stuttgart.

Will man in ein Galvanometer nur Bruchteile des zu messenden Stromes senden, so pflegt man parallel zum Instrument einen Nebenschluß von $^1/_9$ bzw. $^1/_{99}$, $^1/_{999}$ etc. des Galvanometerwiderstandes zu schalten, so daß dann durch das Galvanometer nur $^1/_{10}$ bzw. $^1/_{100}$, $^1/_{1000}$ etc. des Meßstromes fließt. Diese Art der Empfindlichkeitsänderung bringt aber verschiedene Nachteile mit sich. Einmal ist bei den verschiedenen Nebenschlüssen der dem Hauptstrom durchs Galvanometer dargebotene Widerstand immer wieder ein anderer, so daß die zu messende Stromstärke durch das Umstöpseln sich ändert. Für feinere Messungen kommt außerdem in Betracht, daß auch die Dämpfungskonstante dabei sich ändert. Ganz besonders nachteilig ist aber, daß die Widerstände $^1/_{999}$ und gar $^1/_{9999}$, weil sie in der Regel sehr klein sind, sehr schwer herstellbar sind, und, daß die Stöpselfehler (der Übergangswiderstand eines Stöpsels kann bis zu 0,0002 Ohm betragen!) so stark in Betracht kommen, daß nicht mehr angegeben werden kann, welcher Bruchteil des Stromes durchs Meßinstrument fließt. Praktisch wird man daher auf diese Weise kaum in der Lage sein, die Empfindlichkeit des Galvanometers mehr als auf den 1000. Teil (genau!) herabzusetzen, und bei einem einigermaßen empfindlichen Galvanometer wird es daher unmöglich sein, Ströme von der Stärke eines Milliampere zu messen. Für viele Fälle und namentlich auch für Unterrichtszwecke ist es aber sehr erwünscht, nicht bloß Ströme von der Größenordnung eines Milliampere, sondern von vielen Ampere mit dem Galvanometer messen zu können. Erst so wird das Instrument ganz ausgenützt. Gerade bei den Stufen 10^{-3} bis 10^{-7}, die man bei empfindlicheren Galvanometern am meisten braucht, versagt der übliche Nebenschluß, während die Stufen 10^{-1} und 10^{-2} mir ziemlich entbehrlich erscheinen; jedenfalls kann man sich in den paar Fällen, in denen man diese Stufen braucht, leicht durch Vorschaltwiderstand helfen.

Zusammenfassend möchte ich daher für einen brauchbaren Galvanometernebenschluß folgende Forderungen aufstellen:

1. Der dem Hauptstrom durch den Nebenschluß dargebotene Widerstand muß konstant und klein sein.
2. Damit das Galvanometer konstante Dämpfung zeigt, muß auch der im Galvanometerzweig liegende Widerstand konstant sein.
3. Die Empfindlichkeit des Galvanometers muß in gleichmäßigen nicht zu großen Zwischenstufen herabgesetzt werden können.
4. Die Abstufungen der Empfindlichkeit müssen genau sein.
5. Der Nebenschluß muß gestatten, Ströme jeder Größenordnung gleich genau messen zu können.
6. Die Änderungen der Empfindlichkeit müssen rasch und übersichtlich vollzogen werden können.

Da keiner der mir bekannten Nebenschlüsse allen diesen Forderungen genügt, so möge es mir gestattet sein, in den folgenden Zeilen einen derartigen Apparat zu beschreiben.

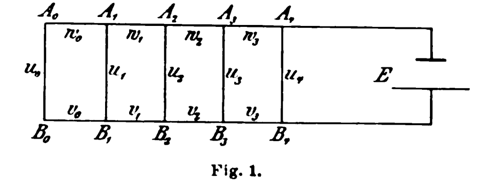


Fig. 1.

In Fig. 1, die schematisch die Schaltung wiedergeben soll, gehe von der Stromquelle E ein Strom nach A_4 über den Widerstand u_4 nach B_4 und zurück zum Element. Zu dem Draht $A_4 B_4$ ist parallel die Leitung $A_4 A_3 B_3 B_4$, bestehend aus den Widerständen w_3, u_3, v_3, gelegt. Zu $A_3 B_3$ liegt $A_3 A_2 B_2 B_3$ im Nebenschluß usw. In den Nebenschlußwiderständen findet nun ein Spannungs-

abfall statt, der natürlich von der Wahl der Widerstände abhängt. Wir bestimmen nun die Widerstände so, daß, wenn zwischen A_4 und B_4 die Potentialdifferenz E_4 herrscht, dieselbe zwischen $A_3 B_3 = E_4 \, . \, 10^{-1}$, zwischen $A_2 B_2 = E_4 \, . \, 10^{-2}$ etc. ist. Da hiernach eine Abstufung der Spannung nach ganzzahligen Potenzen von 10 stattfindet, so wollen wir den Nebenschluß, um einen kurzen Namen zu haben, **Potenznebenschluß** nennen. An eins der Punktpaare (in allgemeiner Bezeichnung A_i und B_i) werden nun die Enden der Galvanometerleitung angelegt.

Bestimmung der Widerstände[1]).

Die zwei Punkte $A_1 B_1$ sind einmal verbunden durch den Draht u_1, dann durch den Draht mit dem Widerstand $v_0 + u_0 + w_0$. Man kann sich nun die zwei Punkte durch einen einzigen Draht mit dem Widerstand ξ_1 verbunden denken, ohne daß die Potentialdifferenz E_1 zwischen A_1 und B_1 sich ändert. Ebenso können die parallel geschalteten Widerstände u_2 und $v_1 + \xi_1 + w_1$, welche die Punkte $A_2 B_2$ verbinden, durch einen einzigen Widerstand ξ_2 ersetzt werden, ohne daß die Potentialdifferenz E_2 zwischen A_2 und B_2 eine Änderung erfährt usw. Man hat dann bekanntlich:

$$\left.\begin{aligned} \frac{1}{\xi_1} &= \frac{1}{u_0 + v_0 + w_0} + \frac{1}{u_1}; \quad & \frac{1}{\xi_2} &= \frac{1}{\xi_1 + v_1 + w_1} + \frac{1}{u_2} \\ \frac{1}{\xi_3} &= \frac{1}{\xi_2 + v_2 + w_2} + \frac{1}{u_3}; \quad & \frac{1}{\xi_4} &= \frac{1}{\xi_3 + v_3 + w_3} + \frac{1}{u_4}. \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots \quad 1)$$

Wir setzen nun

$$v_0 + w_0 = 9 u_0; \quad v_1 + w_1 = 9 \xi_1; \quad v_2 + w_2 = 9 \xi_2; \quad v_3 + w_3 = 9 \xi_3 \quad \ldots\ldots \quad 2)$$

Dadurch bewirken wir, daß die zwischen $A_0 B_0$ herrschende Potentialdifferenz $E_0 = {}^1/_{10} E_1$ ist, wobei E_1 die entsprechende Größe für $A_1 B_1$ ist, und allgemein, in leichtverständlicher Bezeichnung, daß

$$E_{i-1} = \frac{E_i}{10} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 3)$$

ist. Legt man nun das Galvanometer mit dem Widerstand γ an A_i bzw. B_i an, so bilden γ und ξ_i einen Nebenschluß, dadurch wird natürlich im allgemeinen E_i sofort geändert, und ebenso ändern sich auch die Stromstärken in den verschiedenen Zweigen. Wählt man aber die Widerstände so, daß die ξ_i sehr klein im Vergleich zu γ werden, so werden sich die Potentialdifferenzen und Stromstärken so wenig ändern, daß ihre Änderungen vernachlässigt werden können. Ist z. B. ξ_i von der Größenordnung $\frac{\gamma}{1000}$, was wir im folgenden annehmen, so zeigt eine leichte Überlegung, daß sich E_i nach Anlegung des Galvanometers an A_i und B_i um $\sim {}^1/_{10}\%$ ändert. [Will man noch größere Genauigkeit, so schalte man in den Galvanometerzweig einen passend großen Widerstand W; durchs Galvanometer fließt dann gegen vorher ein im Verhältnis $\frac{\gamma}{\gamma + W}$ schwächerer Strom.] Legt man das Galvanometer statt an A_i und B_i an A_{i-1} und B_{i-1}, so fließt wegen 3) durchs Instrument ein zehnmal schwächerer Strom. Aus 1) und 2) folgt

$$\frac{1}{\xi_1} = \frac{1}{10 u_0} + \frac{1}{u_1}; \quad \frac{1}{\xi_2} = \frac{1}{10 \xi_1} + \frac{1}{u_2}; \quad \frac{1}{\xi_3} = \frac{1}{10 \xi_2} + \frac{1}{u_3}; \quad \frac{1}{\xi_4} = \frac{1}{10 \xi_3} + \frac{1}{u_4}, \quad 4)$$

und hieraus:

$$\left.\begin{aligned} \frac{1}{\xi_1} &= \frac{10^{-1}}{u_0} + \frac{1}{u_1}; \quad \frac{1}{\xi_2} = \frac{10^{-2}}{u_0} + \frac{10^{-1}}{u_1} + \frac{1}{u_2}; \\ \frac{1}{\xi_3} &= \frac{10^{-3}}{u_0} + \frac{10^{-2}}{u_1} + \frac{10^{-1}}{u_2} + \frac{1}{u_3}; \quad \frac{1}{\xi_4} = \frac{10^{-4}}{u_0} + \frac{10^{-3}}{u_1} + \frac{10^{-2}}{u_2} + \frac{10^{-1}}{u_3} + \frac{1}{u_4}. \end{aligned}\right\} \quad 5)$$

[1]) Wir beschreiben im folgenden speziell einen Nebenschluß, der bis 10^{-7} geht; für die meisten Fälle mag das genügen. Indessen geht aus dem Text selbst hervor, daß man ebensogut bis 10^{-8} oder 10^{-9} etc. gehen kann.



Der Einfachheit halber setzen wir nun die u alle einander gleich, also

$$u_i = u. \quad (i = 0, 1 \ldots 4) \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 6)$$

und erhalten jetzt aus 5) und 6)

$$\xi_1 = \frac{u}{1,1}; \quad \xi_2 = \frac{u}{1,11}; \quad \xi_3 = \frac{u}{1,111}; \quad \xi_4 = \frac{u}{1,1111} \quad \ldots \quad 7)$$

und aus der letzten Gleichung praktisch genau

$$\xi_4 = {}^9/_{10}\, u \quad \ldots \ldots \ldots \quad 8)$$

Wir setzen endlich willkürlich

$$\xi_4 = \frac{\gamma}{999} \quad \ldots \ldots \ldots \quad 9)$$

Dadurch wird bewirkt, daß durch das an $A_4 B_4$ angelegte Galvanometer genau der 1000. Teil des von der Stromquelle kommenden Gesamtstromes J fließt. Der Nebenschluß gestattet so, die Stufen 10^{-3} bis 10^{-7} anzuwenden. Aus 6), 8) und 9) folgt jetzt

$$u_i = u = \frac{10}{9} \cdot \frac{\gamma}{999} = 0{,}001\,112\,\gamma \quad \ldots \ldots \ldots \quad 10)$$

Damit sind die Widerstände u_i bestimmt. Ist γ sehr klein, so empfiehlt es sich, dem Galvanometerwiderstand einen passenden Widerstand hinzuzufügen, der in den Nebenschluß eingebaut werden kann. Für γ wäre in 10) dann die Summe dieser zwei Widerstände einzuführen. Die Beifügung eines solchen Widerstandes kann auch aus Dämpfungsrücksichten geboten sein; man hat dabei, wie unten ausgeführt werden soll, noch den Vorteil, daß man so einfach auch die Stufe 10^{-2} erreichen kann.

Wir bemerken noch ausdrücklich, daß ξ_4 der Widerstand ist, den der Nebenschluß dem Hauptstrom darbietet: Er ist (praktisch) konstant und sehr klein (Forderung 1).

Es handelt sich noch um die v_i und w_i. Zu diesem Zwecke setzen wir

$$v_i = 2\,w_i \quad \ldots \ldots \ldots \quad 11)$$

wodurch wir noch eine feinere Abstufung in den Empfindlichkeitsänderungen erhalten. Ist nämlich die zwischen $A_4\, B_4$ herrschende Potentialdifferenz E_4, so ist dieselbe jetzt (nach (2) und (11) zwischen $A_3\, B_4 = 0{,}7 E_4$, zwischen $A_4\, B_3 = 0{,}4 E_4$ und endlich zwischen $A_3\, B_3 = 0{,}1 E_4$. Man hat also die Abstufungen E_4; $0{,}7 E_4$; $0{,}4 E_4$; $0{,}1 E_4 = E_3$; $0{,}7 E_3$; $0{,}4 E_3$ etc. Damit ist auch die Forderung 3 erfüllt. Aus 2), 7) und 11) folgt jetzt

$$w_0 = 3u; \quad w_1 = \frac{3u}{1,1}; \quad w_2 = \frac{3u}{1,11}; \quad w_3 = \frac{3u}{1,111}; \quad w_4 = \frac{3u}{1,1111} \quad \ldots \quad 12)$$

Hieraus ergeben sich die w_i und dann aus 11) die v_i, womit alle Widerstände bestimmt sind.

Beschreibung des Nebenschlusses.

Im folgenden (vergl. Fig. 2) möge ein Nebenschluß beschrieben werden, der zu meinem Deprez-Galvanometer (Empfindlichkeit: 1 Skalenteil = $1{,}35 \cdot 10^{-8}$ Ampere bei 1000 Teilen Skalenabstand) von der Firma M. Kohl, Chemnitz, konstruiert worden ist. Er enthält die Stufen 10^{-2} bis 10^{-7}. Da die Galvanometerspule kurz geschlossen aperiodisch sehr langsam die Ruhelage aufsucht, so wurde dem Galvanometerwiderstand

$$G = 14{,}97 \text{ Ohm}$$

der Widerstand

$$\gamma' = 136{,}05$$

hinzugefügt und der Nebenschluß für den Widerstand

$$\gamma = G + \gamma' = 151{,}02$$

berechnet. Nach ein paar Schwingungen ist so die Ruhelage erreicht. Die Formeln haben folgende Werte für die Widerstände ergeben:



$$u = 0{,}168;\quad w_0 = 0{,}504;\quad w_1 = 0{,}458;\quad w_2 = 0{,}454;\quad w_3 = 0{,}454$$
$$v_0 = 1{,}008;\quad v_1 = 0{,}916;\quad v_2 = 0{,}908;\quad v_3 = 0{,}907$$
$$\xi_4 = 0{,}151 = \frac{G}{99}.$$

Daß ξ_4 genau $= \frac{G}{99}$ wurde, konnte durch passende Wahl von γ' erreicht werden. Wir kommen sogleich darauf zurück. Die Widerstände (Manganin) sind, um die Verbindungen leicht übersehen zu können, offen auf einer Marmortafel angeordnet und zu den Knöpfen A_i B_i geführt (s. auch Fig. 3). Diese sind als Kontakte ausgebildet, auf welchen die Kurbeln I und II schleifen. Die Klemmen A_4 und B_4 stehen durch Drahtleitungen mit den Anschlußklemmen H_1 H_2 in Verbindung, an welche die Stromquelle angelegt wird. B_4 ist mit H_2 unmittelbar verbunden, A_4 mit H_1 durch den Kontakt D_4 und die Kurbel III, welche ein Abschalten der Stromquelle ermöglicht, wenn die Kurbel III auf Kontakt D_5 gestellt wird. Die Kurbeln I und II sind mit den Klemmen G_1 und G_2 verbunden, und an diese wird das Galvanometer angeschlossen. Zwischen die Kurbel I und G_1 ist der obengenannte Widerstand $\gamma' = 136{,}05$ Ohm aus- und einschaltbar eingebaut, wobei γ' in der Regel eingeschaltet bleibt. Steht die Kurbel II auf B_∞, so ist das Galvanometer abgeschaltet. Stehen die Kurbeln auf $A_0\,B_0$, so fließt der 10^{-7}. Teil, in der Stellung $A_1\,B_1$ der 10^{-6}. Teil etc. des Gesamtstromes durchs Galvanometer. In der Stellung $A_1\,B_2$ fließt der $7 \cdot 10^{-6}$., in der Stellung $A_2\,B_1$ der $4 \cdot 10^{-6}$. Teil des Stromes, also bezüglich 7mal bzw. 4mal mehr als in der Stellung $A_1\,B_1$, durch das Instrument und analog in den andern Stellungen der Kurbeln. Mit der Kurbel II wird also die Roheinstellung, mit der Kurbel I die Feineinstellung bewirkt, was sich rasch und übersichtlich vollzieht[1]). Die Übergangswiderstände bei den Kurbeln, die ja an sich schon kleiner als bei den Stöpseln sind, kommen gegenüber dem großen Widerstand γ absolut nicht in Betracht. Stehen die Kurbeln auf $A_4\,B_4$, so fließt der 10^{-3}. Teil des Hauptstromes durchs Galvanometer. Der oben genannte Widerstand γ' ist nun so bemessen, daß nach seinem Ausschalten bei derselben Kurbelstellung der 10^{-2}. Teil des Stromes durchs Instrument fließt. Ist jetzt der Ausschlag noch zu klein, so stelle man Kurbel I vollends auf A_5, Kurbel III auf D_5, worauf das Galvanometer direkt an der Stromquelle liegt. Wäre jetzt der Ausschlag zu groß, so kann man γ' wieder einschalten. Damit ist offenbar auch für die niederen Stufen genügend gesorgt. Damit nie zu starker Strom durchs Galvano-

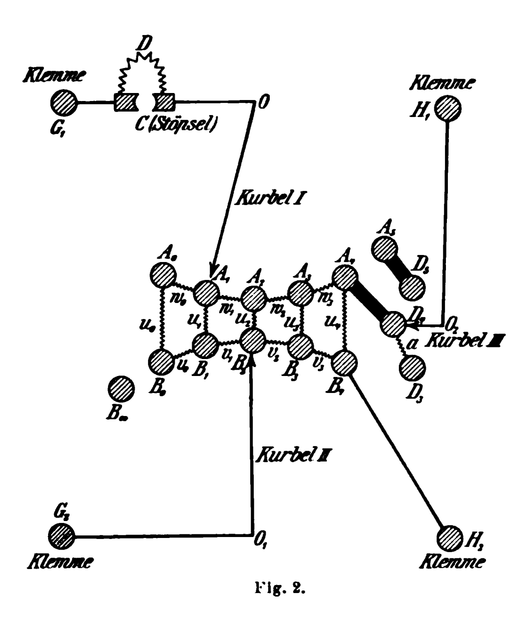


Fig. 2.

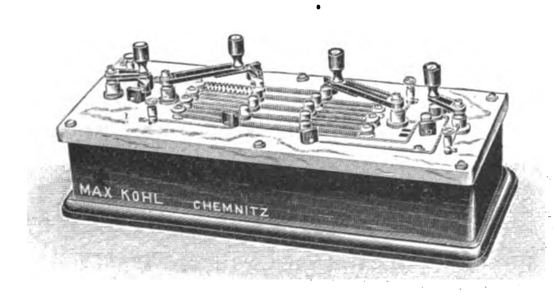


Fig. 3.

[1]) Ich unterlasse nicht, darauf hinzuweisen, daß durch passendes Hin- und Herrücken der Kurbel I die Galvanometerspule sehr rasch ihrer Ruhelage zugeführt werden kann.

meter fließt, gewöhne man sich daran, die Kurbeln I und II nach jeder Messung nach $A_0 B_\infty$ zu stellen. Der Draht u_4 ist so stark gewählt, daß er 15 Ampere (vorübergehend auch mehr), die Drähte $u_3 v_3 w_3$ so, daß sie 1,5 Ampere ohne merkliche Erwärmung aushalten können. Will man noch stärkere Ströme messen, so messe man, wie üblich, auf die unten anzugebende Art die Potentialdifferenz an den Enden eines bekannten, in den Starkstrom eingeschalteten Widerstandes. An die Stelle D_4 ist Amp. angeschrieben, da in dieser Stellung der Kurbel III das Galvanometer Amperemeter ist. Sein Meßbereich geht von 15 Ampere bis 10^{-8} und ist als ungeheuer zu bezeichnen (Forderung 5). Um rasch auch alle im Unterricht vorkommenden Spannungen messen zu können, habe ich zwischen die Knöpfe D_3 und D_4 einen Widerstand von $a = 1000 - \xi_4 = 999{,}85$ Ohm einbauen lassen. Steht die Kurbel III auf D_3, wo die Aufschrift Volt steht, so sind in den Hauptstromkreis 1000 Ohm eingeschaltet. Um jetzt die Spannung der angelegten Stromquelle in Volt zu erhalten, braucht man nur die vom Galvanometer angegebene Amperezahl mit 1000 zu multiplizieren. Man kann so Spannungen bis zu 100 Volt und darüber bequem und sicher messen.

Aus dem Gesagten geht hervor, daß ein empfindlicheres mit einem Potenznebenschluß ausgerüstetes Galvanometer alle anderen Strommeßapparate, als da sind Voltmeter, Amperemeter, Millivoltmeter, Milliamperemeter etc., vollständig entbehrlich macht.

Selbstverständlich sind die Widerstände a und γ' auch zu entbehren und können durch Rheostatenwiderstand ersetzt werden. Der Nebenschluß kann entweder auf den Tisch zur Hand des Experimentators gestellt oder an die Wand gehängt werden.

Verwendung des Nebenschlusses.

Zunächst stelle man fest, inwieweit die Galvanometerausschläge proportional der Stromstärke sind. Zu diesem Zweck lege man in den Hauptstromkreis eine konstante Stromquelle und einen veränderlichen Widerstand. Die Stromstärke ist dann dem Gesamtwiderstand (Element + Rheostat + ξ_4) umgekehrt proportional. Von diesem Strom läßt man mit Hilfe des Nebenschlusses immer denselben Bruchteil durchs Galvanometer und kann dann durch Veränderung des Rheostatenwiderstandes leicht und schnell den Bereich, bis zu dem Proportionalität reicht, ermitteln. Für Unterrichtszwecke kann man vom Elementwiderstand und, wenn man will, auch von ξ_4 absehen, wenn man den Rheostatenwiderstand stets reichlich 100mal größer als beide Widerstände zusammen nimmt. Für den soeben beschriebenen Nebenschluß nehme man z. B. einen Akkumulator und schalte 40, 80, 120 und 160 Ohm ein und beobachte die entsprechenden Ausschläge. Ist bei 160 Ohm der Ausschlag 4mal kleiner als bei 40 Ohm, so hat man bis jetzt den Bereich der Proportionalität noch nicht verlassen. Jetzt mache man das Galvanometer 4mal empfindlicher und schalte statt 160 Ohm wieder 120, 80 und 40 Ohm ein etc. Es lohnt sich, die Skala ein für allemal ganz durchzueichen, um auch größere Ausschläge auf proportionalen Ausschlag reduzieren zu können. Nun bestimmt man den Reduktionsfaktor des Galvanometers, indem man in den Hauptstromkreis ein Voltameter oder eine Tangentenbussole mit bekanntem Reduktionsfaktor einschaltet. Es hat jetzt keine Schwierigkeit, auszurechnen, welche Stromstärke im Hauptstromkreis beim Galvanometer 1 Skalenteil Ausschlag hervorbringt, falls die Kurbeln auf $A_0 B_0$ stehen. Es ist nun außerordentlich bequem, sich eine Skala zu zeichnen, bei der jedem Teilstrich 1 Ampere im Hauptstrom entspricht, falls die Kurbeln auf $A_0 B_0$ stehen. Sind die Kurbeln auf $A_1 B_1$, so bedeutet jetzt jeder Skalenteil Zehntel, bei $A_2 B_2$ Hundertel Ampere etc. Bei Instrumenten freilich, die keine konstante Empfindlichkeit haben, ist der Reduktionsfaktor von Zeit zu Zeit von neuem zu bestimmen, auch wäre es hier erwünscht, die Skala gegenüber dem Galvanometer in engen Grenzen verschieben zu können.

Jetzt ist es natürlich sehr leicht, mit dem Galvanometer irgend ein Strominstrument, sei es nach Volt, Ampere oder Milliampere etc., zu eichen bzw. geeichte Instrumente zu kontrollieren, was viele von ihnen, selbst wenn sie den hochtrabenden Namen „Präzisionsinstrument“ an der Stirne tragen, oft sehr notwendig haben.

Bei allen Nullmethoden wie Messungen an der Brücke oder bei Kompensationsmessungen ist es unmöglich und für ein feineres Galvanometer gefährlich, die Nullage durch direktes Einschalten des Galvanometers zu ermitteln. Durch den Nebenschluß mache man das Galvanometer unempfindlich, suche die ungefähre Ruhelage und gehe dann immer zu empfindlicheren Stufen über.

Der Potenznebenschluß kann offenbar für das Galvanometer als Stromquelle angesehen werden, und zwar können durch ihn beliebig kleine Potentialdifferenzen von bekannter Größe erzeugt werden. Denn aus der Stromstärke des Hauptstromes erhält man mit Leichtigkeit die Zahlenwerte für die Potentialdifferenzen an den Punkten A_i und B_i. In allen Fällen also, wo man sehr schwache Ströme braucht, wie z. B. bei der Bestimmung des Widerstandes oder Reduktionsfaktors eines Galvanometers wird man mit Vorteil den Nebenschluß als Stromquelle verwenden können. Es kann nicht unsere Absicht sein, hier alle die Versuche, bei denen der Nebenschluß gebraucht werden kann, anzuführen, wie Nachweis des Ohmschen Gesetzes, Messung des Leitungswiderstandes etc. Man möge hierzu etwa Weinholds physikalische Demonstrationen vergleichen. Nur ein paar Beispiele mögen noch gegeben werden, wo die Änderung des Meßbereichs besonders geschickt erscheint. Man will z. B. die Widerstände eines Kohärers im gefritteten und entfritteten Zustande oder die Widerstände einer Selenzelle im Hellen und Dunkeln vergleichen. Zu diesem Zwecke schalte man den Kohärer mit einer elektromotorischen Kraft zwischen H_1 und H_2, bestrahle den Kohärer und stelle die Kurbeln I und II so, daß ein passender Ausschlag entsteht. Nach dem Entfritten muß man nun je nach der Natur des Kohärers das Galvanometer 100, 400 oder 1000mal empfindlicher machen, um ungefähr denselben Ausschlag zu erhalten. Selbstverständlich wird man nicht versäumen, aus den gemessenen Stromstärken den Widerstand in beiden Fällen direkt in Ohm zu bestimmen. Analog verfährt man mit einer Selenzelle. Man kann so nicht bloß diese Wirkungen demonstrieren, sondern auch rasch und zuverlässig die Güte und Brauchbarkeit eines Kohärers oder einer Selenzelle prüfen. Ähnlich kann man vorgehen, um den Widerstand einer Glühlampe im heißen und kalten Zustande zu erhalten. Es handle sich z. B. um eine 100 Volt-Lampe. Durch Einschalten des Potenznebenschlusses in den Stromkreis der leuchtenden Lampe ermittle man die Stromstärke und hieraus den Widerstand. Jetzt schalte man die 100 Volt aus und dafür ein Daniell von 1 Volt ein, zugleich mache man das Galvanometer 100mal empfindlicher. Der Ausschlag wird jetzt trotzdem kleiner sein; ist er z. B. nur die Hälfte des ersten, so ist der Widerstand der kalten Lampe noch einmal so groß als der der heißen. Mit Hilfe eines Kommutators, der das Auswechseln der Stromquellen ermöglicht, vollzieht sich der Versuch sehr rasch. Der Nebenschluß wird in zwei Typen gebaut: 1. Als Demonstrationsapparat nach Art technischer Widerstände, offen montiert, wie oben beschrieben wurde. 2. Als Präzisionsnebenschluß; die Widerstände sind sehr genau justiert und in einen Kasten eingebaut[1]).

[1]) Die Lieferung des Nebenschlusses (G. M. S. Nr. 342691) hat die Firma **M. Kohl** in Chemnitz übernommen.



Quantitative gasvolumetrische Analysen und Synthesen im Unterrichte.

Von
P. Rischbieth in Hamburg.

Vor einigen Jahren habe ich in dieser Zeitschrift[1]) eine Reihe von gasvolumetrischen Schul- und Vorlesungsversuchen beschrieben, welche den Zweck hatten, die nicht sehr große Zahl der vorhandenen brauchbaren, d. h. vor allem leicht ausführbaren quantitativen chemischen Unterrichtsversuche zu vermehren und die Fachlehrer hinzuweisen auf die außerordentlichen Vorteile, welche die Verwendung der Gasbürette in einer der Bunteschen ähnlichen Form für die Ausführung quantitativer Gasversuche darbietet. Gelegentlich der Hamburger Naturforscherversammlung im Jahre 1902 sowie der Pfingstversammlung des Vereins zur Förderung des Unterrichts in Mathematik und Naturwissenschaften in Düsseldorf im Jahre 1903 habe ich Veranlassung genommen, eine Anzahl solcher Versuche den erschienenen Fachgenossen vorzuführen, um die leichte Ausführbarkeit und die Eleganz dieser Experimente durch die unmittelbare Anschauung evident zu machen. Seither ist die Gasbürette ein in vielen Schulauditorien gern benutzter Apparat geworden. Um ihre Verbreitung noch zu fördern, beschreibe ich im folgenden eine weitere Anzahl von quantitativen Gasversuchen, die natürlich an sich nicht alle neu sind, die aber mit Hilfe der Gasbürette leicht und schnell ausgeführt werden können.

Die Synthese des Wassers.

Zu diesem Versuche kann entweder eine Gasbürette der früher beschriebenen Form mit eingeschmolzenen Platindrähten benutzt werden, also ein Eudiometer, oder besser eine Hempelsche Explosionspipette, wie sie in der Analyse der Gase verwandt wird, und wie sie zur Ausführung weiterer wichtiger Versuche Benutzung findet. Die Einrichtung der Explosionspipette ergibt sich ohne weiteres aus beifolgender Fig. 1. *C* ist die Explosionskugel mit den eingeschmolzenen Platindrähten, an die rechts eine ab- und aufwärtsgebogene Kapillare angeschmolzen ist wie bei den bekannten Gaspipetten nach Hempel. Unter *C* befindet sich ein Glashahn mit weiter Bohrung, *D* ist eine Niveaukugel. Als Niveaugefäß für die Gasbürette hat sich bei längerem Gebrauch ein etwa 70 cm langes in einem Holzfuß befestigtes und unten mit Ansatzrohr für den Schlauch versehenes Glasrohr *B* bequemer erwiesen als die früher benutzte Niveaukugel. Zur Ausführung des Versuches füllt man die Gasbürette mit destilliertem Wasser von Zimmertemperatur, indem man bei geöffneten Hähnen das

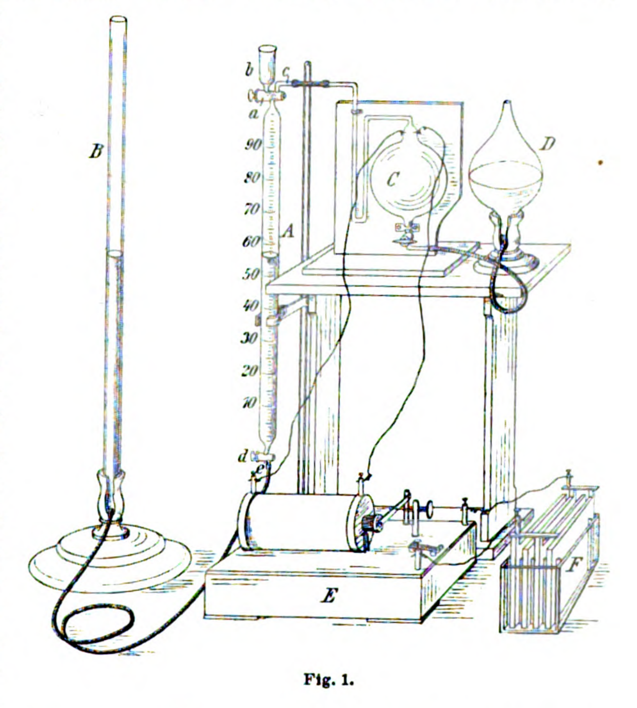


Fig. 1.

[1]) Ds. Zeitschr. *XV*. *1902*, *S. 74 ff.*

Wasser in das mit der Bürette unten verbundene Niveaugefäß gießt. Nunmehr führt man reinen Sauerstoff in die Bürette über. Befindet sich dieser in einem Gasometer beliebiger Form, so drückt man einen über den Auslaßhahn geschobenen Gummischlauch an seinem Ende mit 2 Fingern zu, öffnet den Hahn und läßt durch Lüften der Finger die Luft im Schlauch durch Sauerstoff verdrängen. Jetzt schiebt man das Schlauchende über die Ansatzröhre *c* der Bürette und öffnet die Hähne. Nachdem ca. 60 ccm Sauerstoff in die Bürette gelangt sind, schließt man den oberen Hahn, bringt die Niveaus in Bürette und Niveaugefäß in eine Horizontalebene und liest ab. Den Bürettenstand verzeichnet man sofort in der zweiten Kolumne einer kleinen Tabelle an der Wandtafel. Nun vertauscht man den Sauerstoffbehälter mit einem Kippschen Wasserstoffapparat, verdrängt die Luft in dem Ableitungsschlauch in ähnlicher Weise wie oben, aber bei abwärtsgehaltenem Schlauch durch Wasserstoff und streift den an seinem Ende fest zusammengedrückten Schlauch über die Ansatzröhre der Bürette. Jetzt senkt man das Niveaurohr möglichst tief und läßt bei nur ganz wenig geöffnetem Bürettenhahn ca. 20 ccm Wasserstoff in die Bürette einströmen. Nach dem Ablesen und Notieren des Bürettenstandes verbindet man das Ansatzrohr der Bürette mit der Explosionspipette, an deren Kapillare sich ein kurzes rechtwinklig gebogenes Kapillarrohr befindet. Es ist durchaus notwendig, daß die kurzen Schlauchenden, die das gebogene Rohr mit der Explosionspipette und mit der Glasbürette verbinden, aus bestem Kautschuk und durch Drahtligaturen wohl befestigt sind, da sonst bei der Explosion unfehlbar das Rohr aus dem Schlauch herausgedrückt wird. Unter Heben des Niveaurohres läßt man das Gasgemisch in die Explosionspipette einströmen und schließt den unter der Explosionskugel befindlichen Hahn und eine Schlauchklemme zwischen Bürette und Pipette. Die Entzündung des Gasgemisches bewirkt man zweckmäßig durch den Funken eines kleinen Induktionsapparates *E*, der durch eine Akkumulatorzelle *F* betrieben wird. Eine schwache Feuererscheinung und ein kaum hörbares Geräusch verraten den chemischen Vorgang. Vorheriges Schütteln der Pipette zwecks Mischung der Gase ist nicht notwendig. Alsbald nach der Vereinigung der Gase öffnet man den Pipettenhahn, wobei man die Verringerung des Gasvolums deutlich wahrnimmt, den Quetschhahn und den Bürettenhahn und führt das restierende Gas in die Bürette zurück durch einfaches Senken des Niveaurohres. Man wartet, bis die Flüssigkeit der Pipette oben in der Kapillare erscheint. Das Gas kühlt sich in der feuchten Kapillare genügend ab, so daß man sofort ablesen kann. Den Bürettenstand verzeichnet man in der Tabelle, findet durch Subtraktion die Kontraktion, welche, um das Volum des angewandten Wasserstoffs vermindert, den zur Wasserbildung benötigten Sauerstoff ergibt. Ich führe das Ergebnis zweier unmittelbar nacheinander ausgeführten — nicht etwa besonders ausgewählten — Versuche an:

	I.		II.	
	Bürettenstand	Volum	Bürettenstand	Volum
O	35,0	65,0	35,0	65,0
H	12,9	22,1	10,7	24,3
Nach der Explosion	45,8	—	47,0	—
Kontraktion	—	32,9	—	36,3
Darin H	—	22,1	—	24,3
Also O	—	10,8	—	12,0
	O : H = 1 : 2,04.		O : H = 1 : 2,02.	

Über das Verhältnis von einem Teil Wasserstoff auf etwa $2^1/_2$ Teile Sauerstoff zugunsten des Wasserstoffs hinauszugehen, ist nicht ratsam, da die Explosion schon bei dieser Mischung ziemlich heftig ist, wenn man auch nicht viel davon merkt. Ein Beweis dafür ist, daß der Gummischlauch an der Stelle, wo die Pipette und das Kapillarrohr zusammenstoßen, während der Explosion trotz der langen Kapillare der Pipette für einen Moment etwa auf das Vierfache seines gewöhnlichen Durchmessers



aufgetrieben wird. Ich benutze daher im Unterrichte stets, wenn es auch nicht gerade notwendig erscheint, eine Schutzscheibe aus Spiegelglas, die leicht in eine Nute am Rande der Bank, auf der die Pipette steht, einzusetzen ist. Der erste Versuch nimmt mit dem Aufbau des Apparates ca. 5 Minuten, die folgenden nur etwa 2—3 Minuten in Anspruch. Es ist klar, daß man auch mit überschüssigem Wasserstoff arbeiten kann und aus didaktischen Gründen auch arbeiten wird; dann wird man über 10 bis 12 ccm Sauerstoff auf 60—70 ccm Wasserstoff nicht hinausgehen. Hier wird ein etwaiger Fehler beim Ablesen auf das Resultat einen entsprechend größeren Einfluß ausüben als im ersteren Falle.

Anstatt die Vereinigung von Wasserstoff und Sauerstoff durch den Induktionsfunken herbeizuführen, kann man sich auch einer kleinen Kapillare bedienen, die eine äußerst geringe Menge Palladium oder eine Faser mit Palladium beladenen Asbests enthält, Fig. 2. Man leitet zuerst möglichst reinen Wasserstoff in die Bürette, wie oben angegeben, und läßt einen Überschuß bis auf ca. 15 ccm wieder entweichen. Man notiert den Bürettenstand. Alsdann führt man 60—70 ccm Sauerstoff in die Bürette und liest das Niveau abermals ab. Nun befestigt man am Ansatzrohr *c* der Bürette *A*, Fig. 2, eine ca. 10 cm lange Kapillare, die eine äußerst geringe Menge Palladium oder eine Faser Palladiumasbest enthält. An dem andern Ende ist die Kapillare mit der Gaspipette *D* verbunden, die mit Wasser angefüllt ist. Man treibt nun das Gasgemenge, ohne die Kapillare zu erhitzen, in die Gaspipette hinüber und stellt nun eine kleine leuchtende Bunsenflamme unter das Palladium. Dann öffnet man vorsichtig den oberen Bürettenhahn und zieht langsam das Gas in die Bürette zurück. Man beobachtet deutlich das Glühen des Palladiums. Was die Mengenverhältnisse der Gase und die einzelnen Operationen anbetrifft, so ist es geraten, ziemlich genau nach obigen Angaben zu verfahren, wenn man kleine Explosionen vermeiden will. Selbst die lange Kapillare der Gaspipette schützt nicht ganz sicher vor dem Zurückschlagen des Verbrennungsflämmchens. Eine solche Explosion ist aber, wenn sie einmal vorkommen sollte, ganz harmlos, sobald das Verhältnis von Wasserstoff zu Sauerstoff wie 1 : 4 ist. Zwei nach diesem Verfahren unmittelbar nacheinander ausgeführte Synthesen ergaben folgende Zahlenresultate:

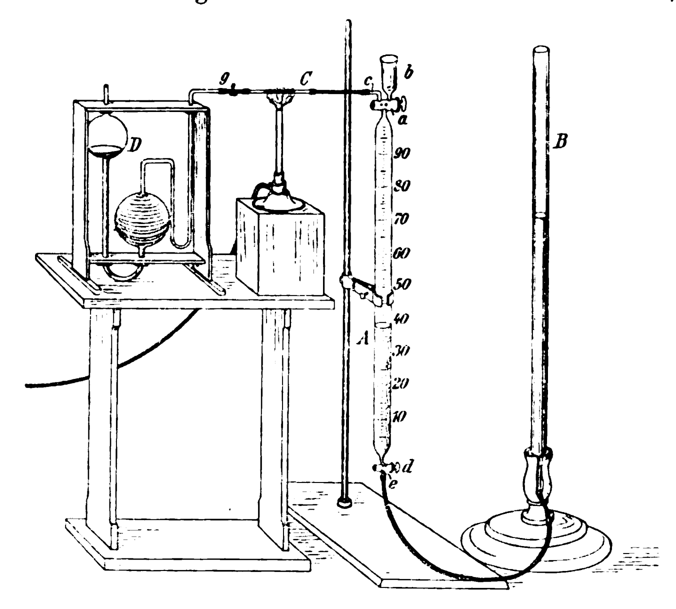


Fig. 2.

	I. Bürettenstand	I. Volum	II. Bürettenstand	II. Volum
H	84,2	15,8	83,8	16,2
O	24,2	—	21,6	—
Nach der Verbrennung . .	47,6	—	45,7	—
Kontraktion	—	23,4	—	24,1
Darin H	—	15,8	—	16,2
Also O	—	7,6	—	7,9

O : H = 1 : 2,08. O : H = 1 : 2,05.

Falls man den Sauerstoff zuerst in die Bürette eintreten läßt, ist ein Durchmischen der Gase notwendig, im andern Falle tritt ein genügendes Durchdringen der Gase bei der großen Differenz der Dichten von selber ein. Mehr als 1 Teil Wasserstoff auf 4 Teile Sauerstoff zu nehmen, ist nicht ratsam.

Analyse der atmosphärischen Luft.

Wer die Veränderung der unedlen Metalle beim Erhitzen an der Luft als Einführung in die Chemie benutzt, wird nicht verfehlen, diesen Vorgang zu benutzen, um die Luft in ihre Bestandteile zu zerlegen, und er wird den Wunsch haben, den Versuch quantitativ auszuführen. Anstatt größere Mengen Luft durch eine in einem Lampenofen erhitzte mit Kupfer gefüllte Röhre zu leiten und den Stickstoff in der pneumatischen Wanne aufzufangen, kann man diesen wichtigen Versuch mit Hilfe der Gasbürette in wenigen Minuten ausführen und erhält ein ungleich genaueres Resultat. Die Apparatur ist der vorigen ähnlich, Fig. 2, nur wählt man statt der Kapillare ein etwa 10—12 cm langes Jenenser Röhrchen oder noch besser ein Quarzröhrchen, das etwa 2—3 g körniges reduziertes Kupfer enthält. Das Röhrchen befindet sich zwischen Pipette und Bürette, in welcher man 100 ccm Luft abgesperrt hat. Das Berühren der Bürette mit der Hand ist hier, wie überhaupt, tunlichst zu vermeiden. Nachdem man das Röhrchen durch einen untergesetzten Brenner kräftig erhitzt hat, leitet man mit Hilfe des Niveaugefäßes die Luft durch das Röhrchen hin und wieder zurück und liest nach einiger Zeit oder nach dem Umschütteln den Stand des Wassers in der Bürette ab. Da der Sauerstoff der in dem Kupferröhrchen zu Beginn des Versuches vorhanden gewesenen Luft auch absorbiert wird, so wird die Sauerstoffmenge etwas zu groß gefunden. Falls jedoch das Röhrchen nicht überflüssig groß und der leere Raum vorn und hinten etwa durch kurze Glasstäbchen ausgefüllt ist, so liegt der Fehler innerhalb weniger Zehntel Prozent. Zwei nacheinander ausgeführte Versuche ergaben 21,2 und 21,2 Teile Sauerstoff, in 100 Teilen Luft.

Sehr geeignet zur Absorption des Sauerstoffs ist der Phosphor, und die Lindemannsche Methode zur Bestimmung des Sauerstoffs in der Luft und vielen andern Gasgemischen ist auch für den chemischen Unterricht hervorragend geeignet. Schon im Jahre 1892[1]) hat Fried. C. G. Müller diese Art der Sauerstoffbestimmung als Unterrichtsversuch beschrieben, und seither gehört dieser Versuch durch seine leichte Ausführbarkeit, die Genauigkeit uud die Bedeutsamkeit seines Resultates zu den schönsten Unterrichtsversuchen. Der Phosphor befindet sich am besten in Form dünner Stangen in einer Hempelschen Gaspipette für feste Reagenzien, die durch ein kurzes Schlauchstück direkt mit der Gasbürette verbunden wird. Während der Absorption verdunkelt man das Zimmer, um das schöne Leuchten im Innern der Pipette beobachten zu können. Ist dieses zu Ende, so ist der Sauerstoff absorbiert, was bei ca. 20° C. in wenigen Minuten geschieht, bei niederer Temperatur sehr viel länger dauert. Es ist daher notwendig, die Phosphorpipette im Winter zeitig in das geheizte Zimmer zu bringen. Ferner sei daran erinnert, daß die Absorption durch geringe Mengen von Ammoniak, gewisse Kohlenwasserstoffe und andere organische Stoffe verhindert wird, und daß auch reiner Sauerstoff bei Atmosphärendruck vom Phosphor nicht aufgenommen wird. Es müssen daher sauerstoffreiche Gasgemische mit Stickstoff oder gemessenen Mengen Luft verdünnt werden. Feuchte Luft ergab in zwei aufeinanderfolgenden Bestimmungen 20,6 und 20,6 Teile Sauerstoff in 100 Teilen Luft. Die Phosphorpipette bewahrt man an einem dunklen Orte auf; dieselbe Füllung kann zu Hunderten von Versuchen dienen, und der Apparat ist leicht zusammengesetzt und stets gebrauchsfertig.

Das eudiometrische Verfahren kann zur Ermittelung des Sauerstoffgehaltes der

[1]) Ds. Zeitschr. *V. S. 251 ff.*



Luft natürlich ebenfalls benutzt werden und liefert sehr gut übereinstimmende Zahlen. Man sperrt ca. 50 ccm Luft in der Bürette ab, liest den Bürettenstand ab, läßt zirka 25 ccm Wasserstoff hinzutreten und führt das Gemisch nach dem Ablesen des Wasserstandes in die Explosionspipette über. Nach der Explosion zieht man das Gemenge von Stickstoff und überschüssigem Sauerstoff in die Bürette zurück und liest wieder ab. Der dritte Teil der Kontraktion ist der Sauerstoffgehalt des angewandten Luftvolums. In drei aufeinanderfolgenden Versuchen wurde der Sauerstoffgehalt zu 20,8, 20,9, 20,8 % gefunden. Auch in der Palladiumkapillare kann die Vereinigung des Sauerstoffs einer in der Bürette abgemessenen und mit einer gemessenen Menge Wasserstoff gemischten Luftmenge bewirkt werden.

Analyse des Sumpfgases.

Nahezu ebenso einfach wie die Synthese des Wassers gestaltet sich die Verbrennung des Methans in der Explosionspipette und die Ermittelung der zu der vollständigen Oxydation nötigen Sauerstoffmenge. Da die Verbrennung nach der Gleichung

$$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$$

erfolgt, so erfordert ein Volum Grubengas zwei Volume Sauerstoff, und es ist kein anderer mit der Strukturchemie in Einklang stehender Kohlenwasserstoff denkbar, bei dem dieses Verhältnis dasselbe wäre. Erweist sich also das Volumverhältnis zwischen Methan und Sauerstoff bei vollständiger Verbrennung als das obige, so wäre dadurch die Zusammensetzung des Gases erwiesen unter der Voraussetzung, daß das Gas als ein Kohlenwasserstoff bereits erkannt ist. Die Messung der Kohlensäure wäre einfach, wenn man mit einer mit Quecksilber gefüllten Explosionspipette arbeiten würde. Bei Verwendung von Wasser erhält man zu wenig Kohlensäure, da bei dem während der Explosion an der Pipette herrschenden beträchtlichen Drucke ein Teil derselben vom Wasser absorbiert wird. Ich empfehle, es bei der Feststellung der Gesamtkontraktion (Absorption der Kohlensäure durch Kalilauge) bewenden zu lassen und somit nur das Verhältnis von Methan zu Sauerstoff festzustellen und das Ergebnis zu diskutieren. Ein solcher Versuch würde, wenn er leicht auszuführen ist und einigermaßen genau ausfällt, die nicht sehr große Zahl der vorhandenen Experimente über Methan um ein wichtiges vermehren, wichtig besonders, weil es die Zusammensetzung des Gases erweist, die doch vor allen Eigenschaften eines Körpers das eigentlich Charakteristische desselben ist. In der Tat läßt nun der folgende Versuch weder an Einfachheit in der Ausführung noch an Genauigkeit zu wünschen übrig. Aus einer mit Grubengas angefüllten Hahnkugel läßt man das Gas durch einfaches Senken des Niveaugefäßes in die Bürette *A* (Fig. 1) strömen und läßt einen Überschuß bis auf ca. 12 ccm wieder entweichen. Nach dem Ablesen des Wasserstandes führt man in bekannter Weise mindestens 60 bis 65 ccm Sauerstoff in die Bürette über und leitet das Gasgemenge durch Heben des Niveaurohres in die Explosionspipette, die nunmehr durch Umdrehen des Glashahnes und durch scharfes Anziehen eines Schraubenquetschhahnes an der Verbindungsstelle gegen die Bürette abgeschlossen wird. Es ist durchaus notwendig, daß das Schlauchende an der Pipettenkapillare mit Drahtligaturen sorgfältig befestigt wird, da sonst bei der Explosion der Schlauch sich sicher löst. Die Entzündung des Gasgemenges geschieht wie oben durch den Induktionsfunken. Nachdem man den Gasrest in die Bürette zurückgezogen hat, läßt man durch den Trichteraufsatz etwas Kalilauge in die Bürette fließen und gießt zum Ausgleich des entstehenden Dichteunterschiedes ein etwa gleiches Volum Kalilauge in das Niveaugefäß. Man löst nun die Bürette aus der Klemme und schüttelt, indem man vermeidet, das eigentliche Bürettenrohr mit der Hand zu berühren. Sodann liest man die Gesamtkontraktion ab. Das Methan war durch Erhitzen eines getrockneten Gemenges von Natriumacetat und Baryumhydrat gewonnen. Zwei unmittelbar nacheinander ausgeführte Versuche ergaben folgende Resultate:



	I. Bürettenstand	I. Volum	II. Bürettenstand	II. Volum
CH_4	86,6	13,4	87,4	12,6
O	24,3	—	23,4	—
Nach der Explosion	65,6	—	61,9	—
Kontraktion	—	41,3	—	38,5
Darin CH_4	—	13,4	—	12,6
Also O verbraucht	—	27,9	—	25,6
	$CH_4 : O = 1 : 2{,}08$.		$CH_4 : O = 1 : 2{,}05$.	

Es wurde auch Methan aus Aluminiumkarbid der Verbrennung unterworfen. Zwei nacheinander angestellte Versuche ergaben übereinstimmend das Verhältnis $CH_4 : O = 1 : 1{,}75$. Es scheint somit, daß das so dargestellte Methan erhebliche Mengen Wasserstoff enthält, was man mit Hilfe eines Palladiumrohres leicht feststellen könnte. Will man auch das Molekulargewicht des Gases ermitteln, so wägt man eine mit dem Gase angefüllte leichte Glashahnkugel, deren Gewicht und Inhalt ein für allemal bestimmt worden sind. Es bedarf also nur einer leidlich genauen Wägung. Durch Division des Gewichtes des reduzierten Methanvolums durch das Gewicht des gleichen Volums Wasserstoff erhält man die Gasdichte auf $O = 16$ bezogen, die verdoppelt das Molekulargewicht ergibt.

Analyse des Äthylens.

Die Verbrennung wird in derselben Weise ausgeführt, doch hat man mit der Löslichkeit des Gases im Wasser zu rechnen, wodurch die Resultate etwas beeinflußt werden. Um den Fehler zu verringern, führt man vor Ausführung des Versuchs ca. 30 ccm Äthylen in die Gasbürette und schüttelt einige Male um, sodann führt man das Gas in die Explosionspipette über und schüttelt auch diese um. Hierdurch wird eine spätere Lösung des Gases wesentlich verlangsamt. Eine Sättigung der Sperrflüssigkeiten mit Äthylen ist durchaus zu vermeiden, da sonst später Äthylen aus der Flüssigkeit in das Äthylen-Sauerstoffgemisch übertritt. Es empfiehlt sich, schnell zu experimentieren und die unverbrannten Gase nicht länger als nötig mit der Sperrflüssigkeit in Berührung zu lassen. Die Explosion ist, obgleich fast lautlos, doch sehr heftig, und es ist durchaus geraten, über das Verhältnis von 8—9 ccm Äthylen zu 50—60 ccm Sauerstoff nicht hinauszugehen. Die Schutzscheibe darf hier wie auch beim Methan nicht fehlen. Wie heftig die Explosionen trotz der geringfügigen Äthylenmengen sind, die verwandt werden, lehrte ein Versuch, bei dem die Verbrennung in einer mit eingeschmolzenen Platindrähten versehenen Gasbürette vorgenommen wurde (nicht im Unterricht). Mit lautem Knall wurde die Bürette total zertrümmert. Meine Explosionspipette jedoch hat bereits Hunderte von Versuchen ausgehalten, und die Versuche sind ungefährlich, wenn sie, wie beschrieben, ausgeführt werden. Im folgenden die Resultate zweier unmittelbar nacheinander ausgeführten Verbrennungen:

	I. Bürettenstand	I. Volum	II. Bürettenstand	II. Volum
C_2H_4	91,4	8,6	90,9	9,1
O	45,5	45,9	44,2	46,7
Nach der Explosion und Absorption des CO_2 . . .	79,4	—	80,0	—
Kontraktion	—	33,9	—	35,8
Darin C_2H_4	—	8,6	—	9,1
Also O	—	25,3	—	26,7
	$C_2H_4 : O = 1 : 2{,}94$.		$C_2H_4 : O = 1 : 2{,}93$.	

Da die Verbrennung nach der Gleichung:

$$\underset{1\text{ Vol.}}{C_2H_4} + \underset{3\text{ Vol.}}{3\,O_2} = 2\,CO_2 + 2\,H_2O$$

erfolgt, so stimmen die Resultate mit den erwarteten sehr gut überein.



Analyse des Acetylens.

Da die bei der Bildung des stark endothermen Acetylens aufgenommene Energie bei der Verbrennung wieder zum Vorschein kommt, so sind die Acetylenexplosionen bekanntermaßen sehr heftig, auch die Löslichkeit in Wasser ist beträchtlicher als die des Äthylens. Es fanden daher alle bei Äthylen angegebenen Maßnahmen hier noch in verstärktem Maße Anwendung, und ein rasches, sicheres Arbeiten ist hier vor allem nötig, wenn man gute Zahlen erhalten will. Das Bürette und Pipette verbindende Schlauchende muß von bestem Kautschuk und durch mehrfache Drahtligaturen an der Pipettenkapillare befestigt sein. Schutzscheibe erforderlich. Die Verbrennung erfolgt nach der Gleichung:

$$2\,C_2H_2 + 5\,O_2 = 4\,CO_2 + 2\,H_2O,$$

so daß auf 1 Vol. C_2H_2 $2^1/_2$ Vol. O gebraucht werden. Zwei nacheinander ausgeführte Verbrennungen ergaben folgende Zahlen:

	I. Bürettenstand	I. Volum	II. Bürettenstand	II. Volum
O	32,6	67,4	32,4	67,6
C_2H_2	24,5	8,1	25,2	7,2
Nach der Explosion und Absorption des CO_2	52,6	—	49,8	—
Kontraktion	—	28,1	—	24,6
Darin C_2H_2	—	8,1	—	7,2
Also O	—	20,0	—	17,4
	$C_2H_2 : O = 1 : 2{,}47.$		$C_2H_2 : O = 1 : 2{,}42.$	

Es wurde hier zuerst der Sauerstoff in die Bürette gebracht, weil bei dem dann geringeren Partialdrucke des Acetylens eine Lösung im Sperrwasser entsprechend langsamer erfolgt.

Die volumetrische Analyse des Kohlenoxyds.

Früher[1]) habe ich einen instruktiven, wenn auch nicht gerade sehr bequemen Versuch beschrieben, der gestattet, in einer Operation die prozentische Zusammensetzung und das Molekulargewicht des Kohlendioxyds zu ermitteln. Da das Kohlenoxyd sich nicht direkt durch Oxydation des Kohlenstoffs gewinnen läßt, so wird man zur Ermittelung der Zusammensetzung einen andren Weg einschlagen müssen, den Weg der volumetrischen Synthese. Wenn das Kohlenoxyd unter Aufnahme der Hälfte seines eigenen Volums an Sauerstoff in ein gleiches Volum Kohlendioxyd übergeht, dessen Zusammensetzung und Molekulargröße bestimmt ist oder als gegeben vorausgesetzt wird, so ist damit auch die Zusammensetzung des Kohlenoxyds bestimmt nach der Gleichung:

$$2\,CO + O_2 = 2\,CO_2$$
$$2\text{ Vol.} + 1\text{ Vol.} = 2\text{ Vol.}$$

Diese Synthese läßt sich nun mit Hilfe der Gasbürette sehr bequem und ohne weitere Vorbereitung in wenigen Minuten vor der Klasse ausführen. Das Kohlenoxyd erhält man durch Zersetzung von Oxalsäure oder ameisensaurem Natron durch konzentrierte Schwefelsäure. Das Gas ist in einer Doppelhahnkugel, einem kleinen Glasgasometer oder auch in einer zweiten Gasbürette über Kalilauge aufzufangen und, besonders wenn es aus Oxalsäure hergestellt ist, tüchtig damit durchzuschütteln. Zur Ausführung des Versuches führt man ca. 40 ccm Kohlenoxydgas, ohne daß Luft mit eindringt, in die Gasbürette *A*, Fig. 2, über, deren Sperrflüssigkeit eine gesättigte Kochsalzlösung ist. Nach dem Ablesen und Notieren des Niveaus läßt man 30 bis 40 ccm Sauerstoff in die Bürette ein und notiert abermals den Stand des Niveaus.

[1]) Ds. Zeitschr. *XV*, *S. 82 ff.*

Sodann verbindet man das Ansatzrohr der Bürette vermittelst der schon erwähnten Palladiumkapillare *C* mit einer Gaspipette *D*, die ebenfalls mit Kochsalzlösung ganz angefüllt ist. Nun leitet man das Gasgemisch aus der Bürette in die Pipette und wieder zurück in die Bürette, nachdem man vor dem Zurückführen das Palladiumrohr an der Stelle, wo das Palladiummetall liegt, mit einer kleinen Flamme erhitzt hat. In der Pipette tritt völlige Mischung der Gase ein, und eine Entzündung des Gasgemisches ist wegen der Pipettenkapillare ausgeschlossen. Die Verbrennung erfolgt unter starkem Erglühen des Palladiumdrahtes. Man schließt den Bürettenhahn, sobald die Flüssigkeit oben in der Pipettenkapillare angekommen ist. Die jetzt beim Ablesen beobachtete Kontraktion — partielle Kontraktion der Tabelle — ist das Volum des von dem Kohlenoxyd aufgenommenen Sauerstoffs, da das Volum des gebildeten Kohlendioxyds dem des Kohlenoxyds gleich ist. Jetzt läßt man bei gesenktem Niveaurohr 5—10 ccm Kalilauge durch den Trichteraufsatz in die Bürette fließen, um die Kohlensäure zu absorbieren. Nach gelindem Bewegen der Sperrflüssigkeit liest man ab. Die Differenz dieser in der letzten Ablesung ergibt das Volum des gebildeten Kohlendioxyds, die Differenz der zweiten und vierten Ablesung ergibt die Gesamtkontraktion, wovon bei Zugrundelegung der obigen Gleichung ein Drittel auf Sauerstoff und zwei Drittel auf Dioxyd kommen. Man hat hier also eine willkommene Kontrolle der direkt bestimmten Zahlen für O und CO_2. Drei unmittelbar nacheinander ausgeführte Versuche ergaben die folgenden Resultate:

	Bürettenstand			Volum			
	I.	II.	III.	I.	II.	III.	
1. Kohlenoxyd	61,0	59,5	58,0	39,0	40,5	42,0	CO
2. Sauerstoff	22,9	18,9	24,4	—	—	—	
3. Nach der Verbrennung . .	42,5	38,2	44,7	—	—	—	
4. Partielle Kontraktion . .	—	—	—	19,6	19,3	20,3	O
5. Nach der Absorption d. CO_2	79,0	76,3	84,2	—	—	—	
6. Differenz 5—3 (CO_2)	—	—	—	36,5	38,1	39,5	CO_2
7. Totale Kontraktion (5—2)	—	—	—	56,1	57,4	59,8	
8. Davon $^1/_3$	—	—	—	18,7	19,1	19,9	O
9. Davon $^2/_3$	—	—	—	37,4	38,3	39,9	CO_2

Wie man aus der Tabelle sieht, stimmen die direkt durch Ablesung ermittelten Zahlen für CO_2 und O mit den aus der Gesamtkontraktion berechneten in allen Versuchen gut überein, und es folgt aus den Versuchen scharf, daß Kohlendioxyd (1 Mol.) bei seiner Bildung das halbe Volum — 1 Atom — Sauerstoff aufgenommen hat. Fast bei allen Versuchen ergibt sich zwischen den beiden ermittelten Werten für Kohlendioxyd und der angewandten Menge Kohlenoxyd eine Differenz von 1—1$^1/_2$ ccm, die kaum anders als durch eine Verunreinigung des Monoxyds zu erklären ist, wie denn die Reindarstellung von Gasen überhaupt eine schwierige Sache ist. Ich bemerke noch, daß das Gas von Versuch I und II aus Oxalsäure, das von III aus Formiat entwickelt war.

Will man nur zeigen, daß ein Molekül Kohlenoxyd 1 Atom Sauerstoff aufnimmt, so kann man die Verbrennung in der Explosionspipette vornehmen in ungefähr denselben Mengenverhältnissen. Ein blauer Lichtblitz zeigt die Reaktion an.

Vollständige volumetrische Analyse des Stickstoffoxyds.

Ein früher[1]) beschriebener Bürettenversuch bestand im wesentlichen darin, einem gemessenen Volum Stickoxyd durch eine glühende Eisenspirale den Sauerstoff zu entziehen und nachzuweisen, daß das Volum des restierenden Stickstoffs die Hälfte des angewandten Stickoxyds ist. So lehrreich der Versuch auch ist, er ist nur die

[1]) Ds. Zeitschr. *XV*, *S. 85*.

halbe Analyse des Gases, da er über die Menge des im Stickoxyd vorhandenen Sauerstoffs nichts beweist, sondern nur, daß in einem Molekül NO ein Atom Stickstoff ist. Ich habe jetzt den Versuch abgeändert und zu einer vollständigen volumetrischen Analyse des Stickstoffoxyds ausgestaltet. Zuerst wird einem gemessenen Volum des Gases durch glühendes Kupfer der Sauerstoff entzogen, der hinterher dem gebildeten Kupferoxyd durch eine gemessene Menge überschüssigen Wasserstoffs wieder genommen wird. Es wird also der Stickstoff direkt gemessen, der Sauerstoff ist die Hälfte des zur Reduktion des Kupferoxyds verbrauchten Wasserstoffs. Der Apparat ist wieder derselbe (Fig. 2). Das aus Eisenchlorür, Salzsäure und Natriumnitrit oder auch aus Natriumnitrit, Schwefelsäure und Quecksilber entwickelte Stickoxydgas wird zu ca. 60 ccm in der Gasbürette gemessen. Zwischen Gasbürette und Gaspipette befindet sich eine mit reduziertem Kupfer locker angefüllte Röhre von schwer schmelzbarem Glase. Noch besser ist eine 10 cm lange Quarzröhre, die jetzt zum Preise von 4 M. zu erhalten ist und durch ihre Haltbarkeit die anfängliche größere Ausgabe mehr als ausgleicht. Die Röhre, deren Luftraum vorn und hinten durch Glasstabstücke möglichst ausgefüllt ist, wird durch einen guten Brenner stark erwärmt und dann erst das Stickoxydgas über das Kupfer hinweg in die Pipette getrieben. Man bemerkt deutlich das stärkere Glühen des Kupfers. Nach dem Zurückziehen des Gases in die Bürette wartet man einige Zeit, damit Röhre und Gas sich abkühlen. Um zu verhindern, daß Wasser aus der Gaspipette in die heiße Röhre steigt, sperrt man das Schlauchende an der Pipettenkapillare mit einem Quetschhahn *g* ab. Die Bürette schützt man während des Versuchs gegen die strahlende Wärme des Brenners durch ein Stück Asbestpappe. Man liest nun ab und notiert das gefundene Stickstoffvolum. Nun füllt man die Bürette fast vollständig mit Wasserstoff an, liest ab, notiert den Stand des Niveaus und leitet den Wasserstoff durch die jetzt wieder zu erhitzende Kupferröhre. Nach dem Zurückführen und Ablesen des Niveaus ist der Versuch zu Ende. Zwei unmittelbar nacheinander ausgeführte Analysen gaben folgende Zahlen:

	I.		II.	
	Bürettenstand	Volum	Bürettenstand	Volum
1. NO	39,6	60,4 NO	39,1	60,9 NO
2. N	68,2	31,8 N	68,4	31,6 N
3. H vor der Reduktion	81,5	—	80,7	—
4. H nach der Reduktion	25,4	—	23,6	—
5. H verbraucht	—	56,1	—	57,1
6. Also O	—	28,1 O	—	28,6 O
7. N + O (2 + 6)	—	59,9	—	60,2
	N : O = 1,1 : 1.		N : O = 1,1 : 1.	

In diesen Versuchen und gleichfalls in vielen andern wird etwas zu viel Stickstoff bzw. zu wenig Sauerstoff gefunden. Weitere Versuche sollen entscheiden, worin diese regelmäßig beobachtete und relativ beträchtliche Abweichung begründet ist.

Der Versuch gibt die vollständige volumetrische Analyse des Stickstoffoxydes gemäß der Gleichung

$$\underset{2\text{ Vol.}}{2\,NO} = \underset{1\text{ Vol.}}{O_2} + \underset{1\text{ Vol.}}{N_2}$$

Setzt man die Dichten von Sauerstoff und Stickstoff als bekannt voraus, so ergibt er auch das Molekulargewicht und die Dichte des Stickoxyds, sowie die wichtige Beziehung $M = 2D$.

Oxydation des Stickoxyds durch Sauerstoff (volumetrisch).

Schlägt man eins der vielen chemischen Schulbücher auf, so findet man fast überall angegeben, daß das Stickoxyd in Berührung mit Luft unter Sauerstoffaufnahme in Stickstoffdioxyd — bzw. Tetroxyd — übergehe, und daß dieses sich mit Wasser in



Salpetersäure und salpetrige Säure umsetze. Hiernach sollten 2 Volum NO 1 Volum O aufnehmen. Es mag wohl schon manchem Lehrer, der versucht hat, das Experiment quantitativ auszuführen, aufgefallen sein, daß das Ergebnis mit der Theorie nicht in Einklang steht. In der Tat sind die Angaben der meisten Lehrbücher nur richtig, wenn trocknes Stickoxyd sich mit trocknem Sauerstoff verbindet. In Gegenwart von Wasser verläuft der Vorgang ganz anders, wie die folgenden quantitativen Versuche zeigen werden. Da nun die Oxydation des Stickoxyds meistens über Wasser ausgeführt wird, und auch bei den Prozessen im Gloverturm Wasser zugegen ist, so sollten die Lehrbücher diesen Vorgang etwas eingehender behandeln. Kommt Sauerstoff bei Gegenwart von Wasser (stark bewegt) mit Stickoxyd zusammen, so verläuft der Vorgang annähernd im Sinne folgender Gleichung:

$$2\,NO + O + H_2O = 2\,HNO_2,$$

so daß auf 4 Volume NO erst 1 Volum Sauerstoff kommt[1]). Ganz anders und nahezu im Sinne der Gleichung $2\,NO + O_2 = 2\,NO_2$ verläuft der Vorgang, wenn man in ein auch über Wasser abgesperrtes Volum überschüssigen Sauerstoffs langsam und ohne zuerst zu schütteln Stickoxyd einleitet. Die Ausführung der Versuche ist ungemein einfach. Nach dem Einleiten des Stickoxyds in die Bürette und Ablesen führt man die gemessene Gasmenge in eine Hempelsche Gaspipette über, Fig. 2, löst den Bürette und Pipette verbindenden Schlauch und verschließt ihn durch ein kurzes Glasstäbchen. Es gelingt dies leicht ohne den geringsten Gasverlust. Sodann mißt man in der Bürette eine etwa ebensogroße Sauerstoffmenge ab, liest ab und verbindet wieder Bürette und Pipette. Jetzt läßt man langsam und unter Schütteln der Pipette mit der linken Hand, während die rechte das Niveaugefäß hebt, den Sauerstoff in die Pipette einströmen. In wenig Augenblicken ist die Reaktion beendet. Zwei nacheinander ausgeführte Versuche lieferten folgende Zahlen:

	I.		II.	
	Bürettenstand	Volum	Bürettenstand	Volum
NO	48,2	51,8	48,6	51,4
O vor der Reaktion	44,8	—	47,5	—
O nach der Reaktion . . .	58,2	—	60,9	—
O verbraucht	—	13,4	—	13,4
	NO : O = 3,9 : 1.		NO : O = 3,8 : 1.	

Es kommt also 1 Vol. O auf nahezu 4 Vol. NO.

Andererseits wurde zuerst der Sauerstoff in der Bürette abgemessen und in die Gaspipette übergeführt; dann ließ man eine gemessene Menge Stickoxyd langsam, ohne die Gaspipette zu bewegen, in diese eintreten und wartete einige Zeit, bis die braune Farbe des Gasgemisches vollständig verschwunden war. Das Resultat war folgendes:

	Bürettenstand	Volum
O	21,6	78,4
NO	49,1	50,9
Nach der Reaktion	46,2	53,8
O verbraucht	—	24,6
	NO : O = 2,07 : 1.	

Hier verläuft also der Vorgang nahezu im Sinne der Gleichung:

$$2\,NO + O_2 = 2\,NO_2.$$

Volumetrische Analyse des Stickstoffoxyduls.

Es handelt sich zunächst um die Gewinnung eines möglichst reinen Gases, das nach der üblichen Darstellung aus Ammoniumnitrat nicht in der nötigen Reinheit

[1]) Gelegentlich wurde noch weniger Sauerstoff gefunden.

erhalten werden kann. Reines Stickoxydul entsteht bei der Reduktion von Eisenoxydsalzen durch Hydroxylaminsalze. In einem kleinen mit doppeltdurchbohrtem Stopfen versehenen Kolben löst man ca. 20 g Eisenalaun in wenig heißem Wasser. Durch die eine Bohrung des Stopfens schiebt man einen Hahntrichter, in dem sich eine Lösung von ca. 3 g Hydroxylaminchlorid befindet, so daß auch die Trichterröhre mit der Lösung angefüllt ist. In der andern Bohrung befindet sich ein gebogenes Glasrohr mit darübergeschobenem Gummischlauch. Nachdem man die Alaunlösung zum Sieden gebracht hat und alle Luft aus dem Kolben verdrängt ist, schiebt man schnell den Gummischlauch über das Ansatzrohr einer mit Kochsalzlösung angefüllten Gasbürette und öffnet den oberen Hahn, so daß der Wasserdampf in die Bürette entweichen kann. Dann öffnet man vorsichtig den Hahn des Hahntrichters und läßt tropfenweise die Hxdroxylaminlösung in den Kolben fließen. Die Flüssigkeit hält man nahe am Siedepunkte. In wenigen Minuten erhält man so ca. 80 ccm und mehr reines Stickoxydul. Der Gang der Analyse ist nun der, daß Stickoxydul und Wasserstoff in abgemessenen Mengen miteinander zur Reaktion gebracht und die Kontraktion und daraus der Sauerstoffgehalt des Gases ermittelt werden. Sodann wird der überschüssige Wasserstoff durch Palladium absorbiert, und der Stickstoffrest direkt abgelesen. Im einzelnen verfährt man wie folgt: In der früher erwähnten Art läßt man ca. 50 ccm Wasserstoff in die Gasbürette einströmen und notiert den Stand des Niveaus; nun führt man ca. 20 ccm Stickoxydul in die Bürette über und liest wieder ab. Das Gas leitet man nun ohne zu schütteln und ohne Verzug durch ein Kapillarrohr, welches eine Faser Palladiumasbest oder ein Stück Platindraht enthält, in eine mit Wasser gefüllte Gaspipette, Fig. 2, und wieder zurück in die Bürette. Die Kapillare wird dabei etwas erwärmt. Die Reaktion macht sich durch Erglühen des Katalysators bemerkbar. Nun wechselt man das Kapillarrohr gegen ein mit der nötigen Menge (ca. 1—2 g) fein verteilten Palladiummetalls gefülltes Röhrchen aus und leitet das Gasgemenge mehrfach hin und her durch das Rohr, bis keine Volumabnahme mehr zu beobachten ist. Der Gasrückstand ist Stickstoff, dessen Volum abgelesen wird. Die nach der Reduktion des Stickoxyduls beobachtete Kontraktion entspricht dem Volum des oxydierten Wasserstoffs, die Hälfte der Kontraktion gibt also das im Stickoxydul vorhandene Sauerstoffvolum an. Zwei nacheinander angestellte Versuche lieferten folgende Ergebnisse:

	I.		II.	
	Bürettenstand	Volum	Bürettenstand	Volum
H	55,7	44,3	49,8	50,2
N_2O	36,0	19,7 N_2O	28,4	21,4 N_2O
Nach der Reaktion	55,6	—	49.0	—
Kontraktion	—	19,6	—	20,6
Sauerstoff	—	9,8 O	—	10,3 O
Nach Absorption des H	81,4	18,6 N	78,6	21,4 N
	N : O = 1,90 : 1.		N : O = 2,08 : 1.	

Auch dieser Versuch stellt also eine vollständige Analyse des Stickstoffoxyduls dar, indem er außer dem Atomverhältnis N : O das Molekulargewicht und die Dichte des Stickoxyduls ergibt, wenn die Dichten von Sauerstoff und Stickstoff als bekannt vorausgesetzt werden. Das Ergebnis läßt sich kurz zusammenfassen durch die Gleichung

$$2\,N_2O = 2\,N_2 + O_2$$

2 Vol. 2 Vol. + 1 Vol.

44 Gwtle. 28 Gwtle. 16 Gwtle.

Ein Vakuummeter.

Von
H. Rebenstorff in Dresden.

In manchen Fällen ist statt der mit der Luftpumpe verbundenen, nur aus größter Nähe ablesbaren „Barometerprobe“ oder der umständlich aufzustellenden Vorrichtungen für hohe Vakua ein einfaches Hilfsmittel von Nutzen, das ebenso, wie das Mac Leodsche Manometer das Bestehen der Luftleere deutlich vor Augen treten läßt. Bei diesem unterrichtlichen Vorteil muß man dann freilich auf die Exaktheit des zuletzt genannten Apparates verzichten. Die mit der Kolbenluftpumpe erreichbaren Verdünnungen werden mit dem zu beschreibenden Hilsmittel aber wenigstens genauer erkannt, als mittels einer engen Barometerprobe, zumal wenn die Glaswand des offenen Schenkels das Quecksilber schon etwas adhärieren läßt.

Ein etwa $2^1/_2$ mm weites, starkwandiges Glasrohr von 40 cm Länge und überall recht gleichem Kaliber ist am einen Ende umgebogen und mit dem etwas schräg stehenden Gefäß (v, s. Fig. 1) versehen. Das andere Ende ist ohne Änderung des Kalibers mit einem sehr guten Hahne verschmolzen, von dem aus ein kurzes Rohrstück zu einer Kugel führt. Diese kann mittels des etwas aufwärts führenden Rohrstückes und eines Vakuumschlauches mit der Luftpumpe, eventuell unter Zwischenschaltung eines T-stückes zugleich mit weiter angeschlossenen Hohlräumen, verbunden werden. Für einfache Versuche kommt man hierbei mit gewöhnlichen engeren Gummischläuchen aus, in die Stücke der bekannten Hosenträgerspiralen geschoben sind. Um diese auch gegen Hineinsaugen in die anschließenden Röhren zu befestigen, kann man einzelne Windungen des Spiralenendes etwas aufweiten oder bequemer einen Zwirnsfaden, schwach einschnürend, nahe dem Schlauchende ein für allemal festknoten. Eine kleine Menge recht reines Quecksilber hatte man in die Vorrichtung gebracht und bis in das Gefäß v hinabgeschüttelt. Bei der erwähnten Weite des Rohres ist dies gerade noch gut möglich, während beim ruhigen Wenden Quecksilberfäden fast niemals darin die Luft vorbeilassen. Die Menge des einzubringenden Quecksilbers hängt von der Höhe des mit der Luftpumpe erreichbaren Vakuums ab. Während bei Anschluß an eine Wasserstrahlpumpe ein Quecksilberfaden von etwa 5 cm Länge im Rohre gebraucht wird, läßt man ihn für eine ältere Kolbenpumpe etwa höchstens 3 cm, für recht wirksame Pumpen erheblich kürzer werden. Die Verdünnungen mittels einer einfacheren Ölluftpumpe prüft man mit Quecksilberfäden von kaum $^1/_2$ cm Länge. Eine zu große Quecksilbermenge ist übrigens insofern ohne Nachteil, als man beim Gebrauche auch einen viel kürzeren Faden sehr bequem von dem Metalle in v abtrennen kann.

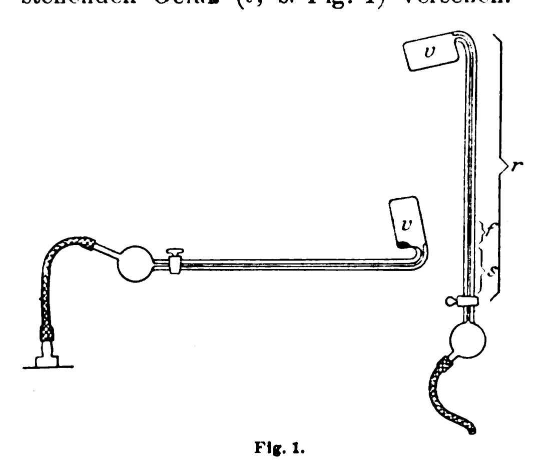


Fig. 1.

Fig. 1 zeigt links das Vakuummeter mit dem Nippel einer Kolbenluftpumpe verbunden. Eine Stativklemme hält die Vorrichtung wagerecht fest; alles Quecksilber liegt während der Tätigkeit der Luftpumpe in v seitwärts des Rohreinganges. Will man das erzielte Vakuum prüfen, so schließt man den Hahn, löst die Stativklemme und neigt das Rohr so weit, bis das Quecksilber den Rohreingang bedeckt. Dann dreht man wieder zurück und beobachtet den Eintritt des Quecksilbers, der erst von

gewissen, schon recht bedeutenden Verdünnungen an erfolgt. Andernfalls stellt man das Rohr wie vorhin auf und verbessert nach dem Öffnen des Hahnes das Vakuum. Etwa losgelöste Quecksilbertröpfchen vereinigt leichtes Schütteln mit der Hauptmenge. Das Fortschreiten der Luftverdünnung zeigt sich an dem ungetrennten Eindringen des Quecksilbers. Der Metallfaden drückt alsdann die dünne Luft im senkrecht gehaltenen Rohre auf ein geringes Volumen zusammen (Fig. 1, rechts). Mittels eines danebengehaltenen oder am Rohre befestigten Millimetermaßstabes (Kartonskalen von C. Bube in Hannover) bestimmt man die Länge des Quecksilberfadens f sowie diejenige der Luftsäule s, wobei man nach einigen senkrechten Auf- und Abbewegungen einige etwas verschiedene Einstellungen des unteren Fadenendes beobachten und den Mittelwert nehmen kann. Für die Fernsitzenden ist sehr auffallend, daß das Quecksilber den Luftrest im Rohre um so tiefer zusammendrückt, je weiter das Evakuieren vorgeschritten war. Wiederholte Prüfungen des Vakuums nehmen nur wenig Zeit in Anspruch. Beim Zurückneigen des Rohres gelangt das Quecksilber meistens sofort wieder ganz in das Gefäß v.

Ist bei der senkrechten Aufstellung die r mm lange Luftsäule im Rohre durch den f mm langen Quecksilberfaden bis auf s mm verkürzt worden, so ist der Druck in dieser abgeschlossenen Luftmenge von p mm bis auf $p \cdot r/s$ gestiegen. Da der Druck in v bei der verhältnismäßig geringen Ausdehnung der dort befindlichen Luft beim Herabfließen des Quecksilberfadens so gut wie ungeändert blieb, so gilt die Gleichung:

$$p \cdot \frac{r}{s} = f + p \qquad \text{oder} \qquad p = \frac{f s}{r - s},$$

die aus der ein für allemal gemessenen Rohrlänge r sowie f und s den Druck im Vakuum ergibt. Tritt jedesmal die ganze in v enthaltene Quecksilbermenge in das Rohr, so ist natürlich nach jeder Verbesserung des Vakuums nur die Länge der Luftsäule (s) abzumessen. Man kann aber auch leicht verschiedene Zahlenwerte von f erhalten, wenn man durch Unterbrechung des Quecksilbereintrittes (leichtes Schütteln) den einfließenden Metallfaden abreißt. Besonders bequem ist es, den Faden zunächst etwas länger in das Rohr hineinschießen, ihn dann zurückfließen zu lassen und hierbei einen Rest durch Schütteln abzureißen. Auf diese Weise wurden z. B. mit Fäden von 20, 14, 6 und 3 mm Länge Säulen des Luftrestes in den zugehörigen Längen von 84, 113, 191 und 250 mm erhalten, woraus sich bei einer Rohrlänge von 400 mm die Druckwerte ergaben: 5,3, 5,5, 5,5 und 5,0 mm. Die Länge eines sehr kurzen Quecksilberfadens ist freilich nur annähernd bestimmbar. Bei Prüfung der Vakua von Ölluftpumpen erhält man aber wenigstens den Fortschritt des Verdünnens durch relative Werte etwas genauer angezeigt, wenn man jedesmal die geringe, hierfür in den Apparat gebrachte Quecksilbermenge ganz in das Rohr hinabfließen läßt. Gelangen z. B. 3 mm Quecksilber 50, 20 und 10 mm tief, so sind die Drucke mehr oder weniger nahe gleich $^3/_7$, $^3/_{19}$ und $^1/_{13}$ mm Quecksilber, woraus sich zugleich die Grenzen der Brauchbarkeit des kleinen Demonstrationsapparates ergeben. Es sei noch bemerkt, daß die liefernde Firma[1]) den Apparat mit einem das Vakuum tagelang unverändert haltenden Glashahn versieht, dessen Bohrung die Weite des Rohres hat, so daß mit einem Quecksilberfaden keine erhebliche Kaliberänderung bis dicht an den geschlossenen Hahn zu erkennen ist.

Vielleicht erscheint es als eine Lücke in der Theorie der Vorrichtung, wenn außer Betracht bleibt, in welchem Betrage der Druck in v sich ändert, wenn das Rohr aufgerichtet wird, und der Quecksilberfaden herabsinkt. Hierüber kann man aber sofort Auskunft geben, wenn man den frei in der Hand gehaltenen Apparat mit offenem Hahne so aufrichtet, daß der Quecksilberfaden in das Rohr hinabfließt. Hat

[1]) Gustav Müller in Ilmenau.

dieser eine Länge von 2--3 cm, so stellt er sich im senkrechten Rohre unter Ausdehnung des Luftvolumens v in bestimmter Höhe ein. Man mißt die Länge des Quecksilberfadens (f mm), sowie, um wieviel cm das Quecksilber im Rohre vorgedrungen ist. Mit Einrechnung der Rohrkrümmung und des Quecksilberfadens selbst seien dies a cm (s. Fig. 2). Das betreffende Rohrvolumen sei gleich Δv. Nach dem „Änderungsgesetz" (ds. Zeitschr. **21** 171) ist nun $\Delta v/v = \Delta p/p'$, d. h. in unserem Falle $\Delta v/v = f/(b-f)$, wenn b den Barometerstand bedeutet, da $(b-f)$ der nach der Änderung im Gefäß v bestehende Druck ist. Bei einem Versuche dieser Art dehnten 27 mm Quecksilber die in meinem Apparate abgeschlossene Luft um 22,5 cm Länge des Rohres aus. Bei einem Barometerstande von 750 mm ergab sich daraus ein Volumverhältnis: $\Delta v/v = {}^{27}/_{723} = 0{,}0372$. Der Druck in der abgeschlossenen dünnen Luft wird also beim Gebrauche des Apparates höchstens um 0,0372 . 40 : 22,5 = ~ 0,066 seines Wertes verändert, was für die Zwecke des Apparates außer Betracht bleiben kann. Hinzugefügt sei, daß (für andere Gebrauchsarten des Apparates) aus der Messung sich ergibt, daß das Volumen von 1 cm des Rohrinhaltes gleich 0,0372 v : 22,5 ist. Durch Wägung des aus dem Apparate entfernten Quecksilbers kann man übrigens annähernd auch den absoluten Wert des Volumens v schnell finden.

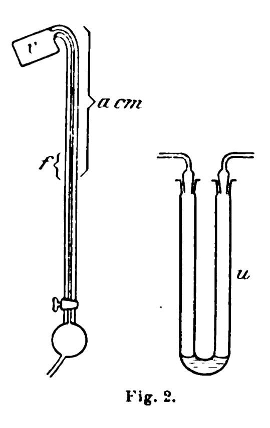


Fig. 2.

Für vorheriges Austrocknen[1]) der Vorrichtung ist die Verwendung des Chlorkalziumrohr u (Fig. 2) der Firma Gustav Müller in Ilmenau bequem, in das man etwas Schwefelsäure bringt, so daß gerade ein Flüssigkeitsschluß darin entsteht. Die mit den Hohlstopfen versehenen Röhren sind bequem mit den Schlauchanschlüssen zu versehen. Befindet sich ein so vorgerichtetes Rohr zwischen Luftpumpe und etwa dem Vakuummeter, so demonstriert das Schwächerwerden des Blasendurchtrittes den Fortschritt des Evakuierens. Beim Öffnen des Luftpumpenhahnes tritt ziemlich trockene Luft in die angeschlossene Vorrichtung zurück. Das Säurerohr läßt ferner bestens die Dichtheit der Luftpumpenhähne erkennen. Ist diese bei einer bestimmten Stellung eines Hahnes nur gering, so treten verhältnismäßig lebhaft Luftblasen durch die Säure in den übrigen Hohlraum zurück. An älteren Pumpen wird man leicht bessere und schlechtere Hahnstellungen vorfinden, um danach Verbesserungen vorzunehmen.

Die Interferenzfarben dünner Blättchen.

Von

Wilhelm Volkmann in Berlin.

Der nachfolgende Aufsatz bringt bis auf einige Kleinigkeiten nur Dinge, die von W. Feussner, O. Lummer, S. Szapski u. a. vor langer Zeit mitgeteilt sind und war deshalb ursprünglich als kurze Notiz gedacht. Sein Zweck ist, gegen einen weit verbreiteten Irrtum zu streiten, der auf Seite 341 in Bd. 21 dieser Zeitschrift gegen die auch angeführte richtige Meinung mit Lummers Autorität gedeckt wird. Eine Aussprache mit dem Referenten und dem Herausgeber der Zeitschrift brachte die Anregung zu ausführlicherer Behandlung des Gegenstandes.

Am angeführten Orte wird berichtet, daß ein nach Lippmanns Verfahren aufgenommenes Porträt einen Farbenwechsel nach der längeren Wellenlänge hin erleide

[1]) Vgl. K. Scheel und W. Heuse, Über scheinbare Abweichungen vom Mariotteschen Gesetz und deren Einfluß auf die Messung kleiner Drucke (Vortragsbericht). Phys. Zeitschr. **9**, 784 (1908).

(erröte), wenn man von steiler zu flacherer Betrachtung übergeht, das Bild also schief ansieht. Nun hat nicht jeder ein Lippmann-Photogramm, insbesondere gar ein solches Porträt zur Verfügung, die wenigsten können also aus eigener Anschauung feststellen, daß der Farbenwechsel tatsächlich im umgekehrten Sinne stattfindet. Daher kommt es wohl, daß der Irrtum so zähe festgehalten wird, zumal da ein Überlegungsfehler nicht ganz fern liegt, der den Irrtum unterstützt. Es wird nämlich sehr oft als Wegunterschied der Strahlen der Weg gerechnet, den der Strahl, der die oberste Silberschicht durchdringt, von hier aus bis zu seiner Rückkehr in diese Schicht nach der Zurückwerfung an der unteren durchläuft. Aus der Figur 1 erkennt man, daß dies nicht richtig ist. Die Strahlen A und B, die auf die spiegelnden Schichten vom Abstande d fallen, seien parallel und interferenzfähig, d. h. sie stammen von ein und derselben Lichtquelle im engsten Sinne, von demselben lichtaussendenden Punkt, und sind etwa durch eine Linse parallel gemacht. Der Raum zwischen den spiegelnden Schichten ist nach dem gezeichneten Strahlengang mit einer stärker brechenden Substanz ausgefüllt, und die Strahlen sind so ausgewählt, daß sie am Ende von B zusammentreffen. Sie erreichen die gestrichelte Linie mit gleicher Schwingungsphase; von hier, nicht von der oberen Spiegelschicht aus, ist also der Wegunterschied zu rechnen. Er beträgt nach der Figur $k + l$, und es ist ersichtlich, daß

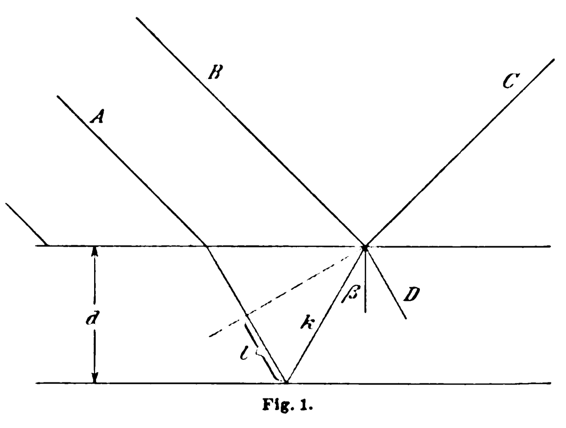


Fig. 1.

$$k + l = k\,(1 + \cos 2\beta)$$
$$= 2\,k\,\cos^2\beta,$$

da aber $k = d/\cos\beta$ ist, ergibt sich

$$k + l = 2\,d\cos\beta.$$

Der Wegunterschied nimmt also, ganz unabhängig vom Brechungsindex der zwischen den Spiegelflächen eingeschlossenen Schicht, ab, wenn β, also auch der Einfallswinkel, zunimmt.

Da der Brechungsindex der Platte sich als gleichgültig erwiesen hat, kann man jedes Plattenpaar für Newtonsche Ringe benutzen, um die Richtigkeit der Überlegung durch den Versuch nachzuprüfen. Hierzu ist ein schwach konvexes Brillenglas (60 Zoll oder mehr) gut geeignet, das in frisch geputztem Zustande auf ein gleichfalls sorgsam geputztes Stück Spiegelglas gelegt wird. Legt man Wert darauf, die Ringe größer, 2, selbst 3 cm groß zu haben, so sucht man sich beim Optiker fast gleich starke Konvex- und Konkav-Gläser aus, von denen das erstere um ein Geringes stärker gekrümmt ist. Freilich erhält man dann die Ringe nicht mehr genau kreisförmig, weil Brillengläser dazu nicht genau genug gearbeitet werden. Verkittet man den erhitzten Rand derartiger mit einer Kopierklammer aneinandergepreßter Gläser mit Siegellack, so daß Staub und Feuchtigkeit nicht mehr hineinkönnen, so erhält man ein schönes Dauerpräparat, das besonders zur objektiven Demonstration der Ringe mit dem Projektionsapparat sehr bequem ist, nur lasse man es hierbei sich nicht bis zum Erweichen des Lackes erhitzen. Ein solches Plattenpaar zeigt, daß die Ringe um so größer werden, je schräger man sie betrachtet, eine Stelle bestimmter Dicke der Luftschicht wird also hierbei von immer kürzeren Wellen erleuchtet.

Wenn wir so auch Übereinstimmung zwischen Überlegung und Beobachtung in den gröberen Zügen erkannt haben, so reicht das Schema der Figur 1 doch bei



weitem nicht aus, um die Erscheinung im allgemeinen Fall vollständig zu erklären. Wir haben es fast nie mit planparallelen Platten zu tun, und auch diese betrachten wir nicht im parallelen Licht und nicht im Licht nur eines leuchtenden Punktes. Feussner hat die Theorie unter Berücksichtigung aller dieser Umstände durchgearbeitet und gibt in Winkelmanns Handbuch einen Überblick über die umständliche Rechnung. Seine Ableitungen sind in allen Punkten durch die Erfahrung bestätigt worden. Wie verwickelt die Verhältnisse liegen, davon kann man sich durch sorgfältige Beobachtung einiger auf schwarzer Unterlage ausgebreiteten mikroskopischen Deckgläschen bei Natriumlicht überzeugen. Man stellt dabei die Natriumflamme hinter eine matte Glasplatte, um ein großes helles Feld zu haben.

Zunächst fällt auf, wieviel leichter die Interferenzstreifen zu sehen sind, wenn man sich beträchtlich von den Plättchen entfernt, als wenn man das Auge so nahe bringt, wie man es etwa beim Lesen an ein Buch bringen würde. Es ist recht schwierig, die Entfernung sicher zu beurteilen, auf die man in jedem Fall das Auge einstellt. Man kann sich das aber ganz wesentlich erleichtern, wenn man ein schwaches Vergrößerungsglas, ein Brillenglas von 15 bis 20 cm Brennweite, dicht vors Auge bringt. Man ist dann über den Ort, wo die Streifen zu sehen sind, nur um wenige cm unsicher. Bei diesem Versuch zeigt sich nun, daß die Streifen keineswegs immer oder nur meistenteils in der Oberfläche der Blättchen liegen, obwohl hier, wie Figur 1 zeigt, sicher ein Interferenzvorgang seinen Sitz hat. Es ist nämlich außer dem Strahl *C* noch der durch den kurzen Strich *D* angedeutete Strahl vorhanden. Nun erleidet (wenn wir das Blättchen optisch dichter als die Umgebung annehmen) der von *B* stammende Anteil des Strahles *C* bei der Reflexion eine Phasenumkehr; dadurch ist in *C* der Phasenunterschied der von *A* und *B* stammenden Anteile stets um eine halbe Wellenlänge anders als in *D*. *C* und *D* ergänzen sich also stets in komplementären Farben, und die Entscheidung über die Verteilung des Lichtes nach oben und nach unten fällt in der oberen Grenzfläche des Blättchens.

Bei diesem Sachverhalt kann ich es nicht für richtig halten, wenn man den Strahlengang umgekehrt zeichnet, einen ankommenden Strahl *C* zerfallen läßt in die Strahlen *A* und *B*, die dann erst unterwegs interferieren. Diese Zeichnung, die z. B. Feussner a. a. O. anwendet, wird erst richtig, wenn man nicht die ganze Platte beleuchtet, sondern nur ein schmales Lichtbündel auf sie sendet, ein Fall, der zwar bei planparalleler Platte, aber nicht allgemein dasselbe gibt wie der bisher behandelte.

Noch eine Bemerkung sei hier eingeschoben: Man spricht oft davon, daß das Licht durch Interferenz vernichtet werde. Diese Ausdrucksweise ist nicht zu billigen; Interferenz und Beugung versichten niemals Licht, sie verteilen es nur räumlich in anderer Weise, als die geometrische Optik erwarten läßt; eine Vernichtung des Lichtes, d. h. eine Umwandlung in andere Energieformen oder auch in Licht von anderer Wellenlänge setzt Absorption voraus. —

Bei Benutzung eines Vergrößerungsglases erkennt man also, daß die Interferenzstreifen teils über, teils unter dem Blättchen manchmal in großer Entfernung liegen. Man kann, wenn es auch schwierig ist, durch Verdecken des Übrigen absuchen, welchen Punkten der Lichtquelle (also der matten Glasscheibe) und welchen Teilen des Blättchens die einzelnen Streifenscharen zugehören. Es kommt vor, daß Streifenscharen verschiedener Herkunft sehr nahe übereinander liegen. Wenn gleichzeitig die Streifen einen großen Winkel miteinander einschließen, so kann man netzartige Zeichnungen erblicken, die zunächst sehr befremdlich erscheinen. Dreht man ein Deckgläschen in seiner Ebene, so wandern die Streifen rasch nach oben oder nach unten. Sie liegen über dem Blättchen, wenn seine Keilschneide dem Beobachter, unter ihm, wenn sie der Lichtquelle zugewandt ist. Bei schräg liegender Keilkante sind Ort und Richtung der Streifen vom Ort und der Akkommodation des Auges nicht unabhängig.



Nimmt man statt der Deckgläschen eine dünne Glimmerscheibe, so sieht man ausgedehnte bogenförmige Streifen, diese liegen, wie man mit einem Krimstecher feststellen kann, in sehr großer Entfernung unter dem Blatt. Sie verdanken ihre Entstehung lediglich der oben berechneten Verschiedenheit der Wegunterschiede, die von verschiedener Blickrichtung bedingt ist, denn Glimmerblätter sind, wenn auch nicht gerade planparallel, so doch außerordentlich parallelflächig.

Ein ganz wesentlicher Punkt ist bisher noch nicht erwähnt worden. Außer den beiden in der Figur 1 gezeichneten Strahlen A und B sind noch andere Bestandteile im Strahl C vorhanden; sie stammen von Strahlen, die zwei- oder mehrmals an der Rückseite und entsprechend oft innerhalb des Blättchens an der Vorderseite reflektiert sind. Diese Strahlen spielen nur eine geringe Rolle, wenn man keilförmige Blättchen bei schrägem Licht beobachtet, weil hier bei großem Gangunterschied stets Überdeckungen auftreten, die die Erscheinung verwischen. Um so wichtiger werden die mehrfach reflektierten Strahlen bei planparallelen Platten. Lummer hat das durch eine dicke Planparallelplatte hindurchgehende grüne Quecksilberlicht untersucht unter solchen Bedingungen, daß er die mehrfach reflektierten Strahlen, von einem beliebigen unter ihnen anfangend, von der Mitwirkung ausschließen und dann einen nach dem andern wieder hinzufügen konnte. Jede solche Hinzufügung änderte die Helligkeitsverteilung in der Interferenzfigur noch merklich, selbst als 96 cm Gangunterschied im Glase, entsprechend 144 cm in Luft oder $2^1/_2$ Millionen Wellenlängen, benutzt wurden. Freilich gibt nicht jede Spektrallinie Licht von solcher Einheitlichkeit und von so geringer Dämpfung. Lummer hat dann gerade auf die mehrfach reflektierten Strahlen seine äußerst leistungsfähige Interferenzspektroskopie gegründet. Es wird hierbei prismatisch bereits gereinigtes paralleles Licht sehr schräg in eine höchst vollkommene Planparallelplatte geschickt, dabei aber der erste, von der Oberseite der Platte reflektierte Strahl unterdrückt. Es geschieht das dadurch, daß man das Licht durch einen schrägen Anschliff in die Platte bringt (Figur 2). Achten wir sowohl auf die oben wie auch auf die unten aus der Platte austretenden Strahlen, so hatte jeder gegen den folgenden den gleichen Gangunterschied, nur der erste an der Oberseite reflektierte Strahl (B in Fig. 1) hatte durch die Phasenumkehr einen um eine halbe Welle anderen Gangunterschied. Durch die Unterdrückung dieses Strahls, der den komplementären Charakter der Erscheinung im auffallenden und durchgehenden Lichte bedingte, wird nun die Erscheinung auf beiden Seiten der Platte dieselbe. Es tritt keine komplementäre Trennung des Lichtes an der Plattenoberfläche, keine genau zu lokalisierende Interferenz, mehr ein, sondern die Strahlen interferieren auf dem Wege zu ihrem im Unendlichen bezw. in der Brennebene des Fernrohrobjektivs liegenden Sammelpunkt, indem sie sich auf Grund des Huygensschen Prinzips mit den Nachbarstrahlen unterwegs ins Einvernehmen setzen. Das Licht wird so schräg in die Platte geschickt, daß es fast streifend austritt, dadurch wird der Reflektionskoeffizient sehr groß, es tritt nur wenig Licht jedesmal aus der Platte, die Intensität der verschiedenen interferierenden Strahlen wird aber nahezu dieselbe. Infolgedessen wird die Interferenzerscheinung sehr scharf, ähnlich wie beim Beugungsgitter, wo wir durch Anwendung vieler Spalte an die Stelle der verschwommenen Streifen scharfe, helle Linien setzen. Unterdrückt man den ersten Strahl nicht, beleuchtet aber mit schmalen Büscheln, so hat man den Fall, auf den oben hingewiesen wurde. Er gehört ebenso wie der zuletzt besprochene mehr in das Gebiet der Beugung als in das der Interferenz im engeren Sinne.

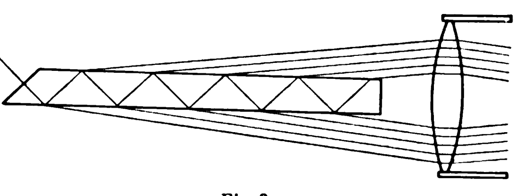


Fig. 2.

Gehen wir noch einmal zurück auf die Figur 1, nehmen wir aber an, daß die

Strahlen nicht parallel auf die Platte fallen, oder daß die Platte nicht planparallel sei, oder daß gar beides zugleich der Fall sei. Wir sehen, daß dann nur ganz ausnahmsweise die in C oder D vereinigten Anteile von A und B die gleiche Richtung haben. Es ist also, um die Interferenzerscheinung zu beobachten, im allgemeinen ein optisches System von endlicher Öffnung erforderlich, das die zusammengehörigen Strahlen wieder sammelt, ein Auge, eine Linse, allenfalls eine Lochkamera oder eine dieser gleichwertige Beleuchtungsweise. Dabei führt nun die Figur immer wieder auf die Vorstellung, daß auf die Plattenoberfläche eingestellt werden müßte, um die Interferenz zu beobachten. Die angeführten Versuche mit Deckgläschen beweisen aber, daß hier wie in allen andern Gebieten der Optik es nicht angeht, die Fiktion der geometrischen Optik, den Elementarstrahl, als aller Weisheit Schluß anzusehen. Es ist vielmehr immer nötig, auf die Nachbarschaft dieses Strahles zu achten; die optischen Probleme sind eben letzten Endes sämtlich Integral-, d. h. Beugungsprobleme.

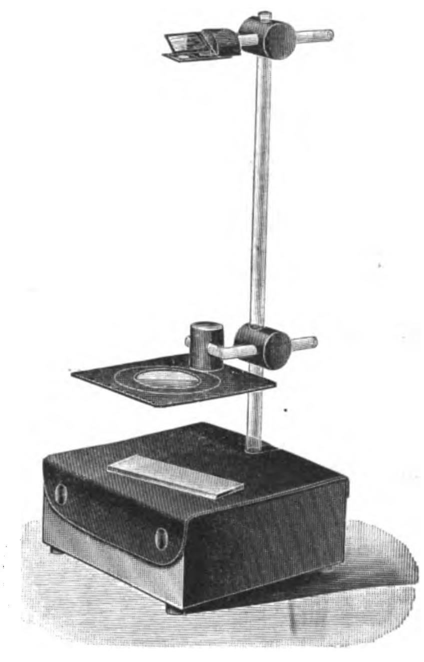
Ich glaube, die Schule kommt um diesen Hinweis nicht herum, wenn sie sich nicht das Wesentliche der Sache entgehen lassen will. Es verbietet sich natürlich von selbst, auf der Schule irgendein Beugungsproblem exakt durchzurechnen. Daß man die Integralrechnung nicht zur Verfügung hat, ist noch das geringste Hindernis, im vorliegenden Fall ist die große Mannigfaltigkeit der Einzelerscheinungen das Störendste. Man sollte aber den für ein selbständiges Ding geltenden Lichtstrahl der geometrischen Optik im Unterricht vorsichtiger verwenden und mehr auf die Wellenfront und das Huygenssche Prinzip die Aufmerksamkeit lenken. Wie erstaunlich viel mehr als der Lichtstrahl sagt die Wellenfront z. B. in der Theorie des Regenbogens, ohne daß irgendwie größere Mühe aufgewandt werden müßte. Man sollte auch nicht die Beugung als ein flüchtig zu streifendes Schlußkapitel der Optik, als eine nebensächliche Sonderbarkeit des Lichtes behandeln, sondern sie so weit als möglich voran nehmen, um in ihrem Licht die Probleme der Optik in zutreffender Weise behandeln zu können. Man verstehe das Wort Beugung nicht in zu engem Sinne! Es ist geprägt worden, als man sich über die an den Rändern der Lichtbüschel auftretenden Erscheinungen wunderte, es umfaßt aber jetzt alles in der Optik, was nur auf Grund des Huygensschen Prinzips richtig ausgedrückt werden kann, anders gesagt: Wellenlehre.

Man wird den Einwand machen: Für den Physiker mag es ja sehr nötig sein, das Problem so scharf zu fassen, aber die wenigsten Schüler wollen Physiker werden, ihnen genügt eine gröbere Darstellung. Ich gebe gern zu, daß die Schule die Physik vornehmlich für die treiben soll, die nicht Physiker werden wollen; aber ist ihr wirklich daran gelegen, daß diese Schüler physikalische Kenntnisse sammeln? Hat sie nicht vielmehr deshalb die Physik in ihren Lehrplan aufgenommen, weil hier am einfachsten Material gewonnen und aufs schärfste in ihrer Richtigkeit geprüft werden können Gedanken von allgemeinem Wert? Das Huygenssche Prinzip ist so einer, es ist der anschauliche Ausdruck des Integrationsgedankens, d. h. der Summe, die eine ganz andere Größenordnung hat als die Summanden. Integriert das Leben nicht auch Kleinigkeiten des Zufalls zu einem Geschick? Kann, wer in seiner Denkweise zu integrieren pflegt, einen Ruhm darin finden, sich nie mit Kleinigkeiten abgegeben zu haben? Ich weiß wohl, ich habe hier ein Beispiel auf die Spitze getrieben, das als einzelnes bedeutungslos ist, ich wollte die Richtung zeigen, in der ich den Wert der Physik für die Schule suche, die Vollständigkeit der Systematik erscheint mir daneben völlig belanglos.

Die Besprechung der Interferenzfarben dünner Blättchen darf nicht geschlossen werden, ohne auf die Wichtigkeit eines besonderen Falles hinzuweisen, nämlich daß das Licht senkrecht auf das Blättchen fällt. Hier zeigt sich, daß die historisch gewordene Beschränkung auf dünne Blättchen nicht berechtigt ist, Platten von ansehnlicher Dicke, Wegunterschiede von Meterlänge kommen hier noch ernstlich in



Betracht, der schon erwähnte LUMMERsche Versuch gehört hierher. Zur Betrachtung der Interferenzen bei senkrecht auffallendem Licht ist ein besonderer Apparat nötig, den Fig. 3 zeigt. Er stellt eine vereinfachte Form des auf Grund LUMMERscher Untersuchungen von CZAPSKI erfundenen und von PULFRICH weiter ausgebildeten Plattenprüfers dar. In einem Holzklotz, dessen Oberseite mit mattschwarzem Papier bezogen ist, steht ein gläserner Schaft. An Korken und einem winkligen Glasrohr trägt er 5 cm über dem Holzklotz nach allen Richtungen drehbar ein in Pappe gefaßtes Brillenglas von 20 cm Brennweite. Im Brennpunkt über dieser Konvexlinse sind ein schwarzes Papier mit 5 mm weitem Loch und ein unbelegtes Streifchen Spiegelglas, gegen einander um etwa 45 Grad geneigt, um einen Glasstab drehbar an einem Kork befestigt. Das Licht einer Natriumflamme wirft man mit einer Beleuchtungslinse (Brillenglas von 10 cm Brennweite) so auf den Glasstreifen, daß auf dem Papier mit dem Loch die Natriumflamme abgebildet wird, und das durch das Loch hindurchfallende Licht die ganze Linse über dem Holzklotz erleuchtet. Zur genauen Einrichtung des Apparates legt man nun einen Spiegel auf den Holzklotz und sorgt durch Verschieben der Linse und Drehen des ganzen Apparates und des obersten Pfropfens dafür, daß das durch die Linse gehende Licht gerade wieder oben im Loch sich vereinigt. Man beurteilt das von oben her aus größerer Entfernung. Bringt man dann das Auge möglichst dicht über das Loch, so sieht man die ganze Linse hell. Ersetzt man nun den Spiegel durch ein unbelegtes gutes Spiegelglas, so sieht man etwas vergrößert (die Linse wirkt als Lupe) das Glasstück hell, jedoch durchfurcht von Interferenzstreifen, die genau in der Oberfläche des Glases liegen. Vortreffliches Glas für diese Zwecke liefern die mikroskopischen Objektträger aus Spiegelglas, die von den Mikroskopverkäufern vorrätig gehalten werden, das gewöhnliche Handels-Spiegelglas ist meist zu schlecht. Unter den angegebenen Versuchsbedingungen bedeckt jeder Interferenzstreifen Stellen von genau gleicher Glasdicke. Man kann also durch Abzählen dieser Streifen genau die Dickenunterschiede, den Keilwinkel des Glases feststellen. Findet man eine Stelle, wo die Platte planparallel ist (Maximum oder Minimum der Dicke), so blicke man durch diese Stelle der Platte, nachdem man sie dicht unter das Loch, also dicht vor das Auge gebracht hat; man sieht dann ein schönes Ringsystem, das seinen Ort im Unendlichen hat. Diese Ringe sieht man teilweise auch bei Platten von sehr geringem Keilwinkel (Abstand der Streifen über 4 mm) und an Glimmerblättchen. Man sieht sie auch, freilich minder deutlich, wenn man durch diese Stelle der Platte ohne weiteres nach einer von Natriumlicht erleuchteten matten Glasplatte blickt. Sie verdanken ihre Entstehung lediglich den Verschiedenheiten des Gangunterschiedes, die von der Verschiedenheit der Blickrichtung herrühren.


Fig. 3.

Es kommt vor, daß die Streifen gleicher Plattendicke sehr matt erscheinen. Der Grund dafür liegt darin, daß im Natriumlicht zwei verschiedene Wellenlängen vorhanden sind, die sich wie 1000 zu 1001 verhalten. Bei einer Plattendicke, wo der Gangunterschied der interferierenden Strahlen 1000 Wellenlängen der einen Art beträgt, decken sich beide Streifensysteme, bei einer halb so dicken Platte fallen

aber die hellen Streifen des einen Systems auf die dunklen des andern und verwischen die Erscheinung. Dasselbe ist bei ungeraden Vielfachen dieser Plattendicken der Fall. Solche Platten prüft man mit Lithiumlicht.

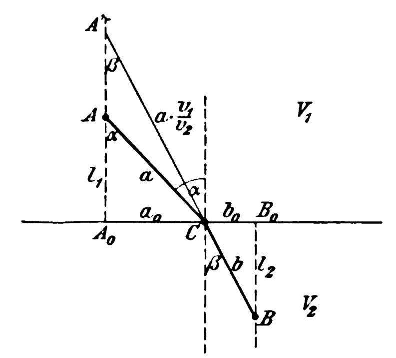
Der beschriebene Plattenprüfer ist ein sehr nützliches Instrument, und ich rate dringend, ihn zu bauen. Zur Befolgung dieses Rates trägt es vielleicht bei, wenn ich mitteile, wie ich mit ihm die von Zeeman entdeckte Zerspaltung der Spektrallinien durch das Magnetfeld habe beobachten können. Mein Magnet, der um anderer Versuche willen zerlegbar gebaut ist, hat ein Ohm Widerstand. Im Plattenprüfer befand sich eine 3 mm starke Glasplatte, die gute Streifen zeigte. Ließ ich 11 Amp. durch den Magneten gehen, so sah ich wider Erwarten keine Veränderung, weil nämlich gerade das Licht, dessen Wirkung ich sehen wollte, so polarisiert ist, daß das spiegelnde Glasplättchen fast nichts davon nach unten wirft. Ich hielt darauf eine Viertelwellenlängenplatte[1]) an die Beleuchtungslinse und konnte, nachdem ich sie in die richtige Lage gebracht hatte, mit Befriedigung feststellen, daß die Interferenzstreifen nun beim Erregen des Magneten fast verschwanden, indem die neugebildeten Wellenlängen ihre hellen Streifen gerade auf die schon vorhandenen dunklen legten. Das Magnetfeld ist nicht stark; es reicht bei 1 cm Schichtlänge nur ganz knapp zur objektiven Demonstration der Drehung der Polarisationsebene im Schwefelkohlenstoff.

Kleine Mitteilungen.

Einfacher, elementargeometrischer Beweis, daß das Licht bei der Brechung den Weg kürzester Zeitdauer nimmt.

Von Prof. **Leman** in Straßburg i. E.

Es sei ACB der Weg des Lichtstrahls. Es werde $AC = a$ im dünneren Mittel mit der Geschwindigkeit v_1 durchlaufen, $CB = b$ im dichteren mit der Geschwindigkeit $v_2 < v_1$. Die Forderung der kürzesten Zeitdauer lautet dann



$$1)\qquad \frac{a}{v_1} + \frac{b}{v_2} = \text{Min.},$$

oder (s. Fig.)

$$1')\qquad \frac{a_0}{v_1 \sin\alpha} + \frac{b_0}{v_2 \sin\beta} = \text{Min.},$$

wozu noch die Bedingung kommt

$$2)\qquad a_0 + b_0 = \text{konst.}$$

Reduziert man in 1') und 2) a_0 und b_0 auf die Lotlängen l_1 und l_2 durch $a_0 = l_1 \,.\, tg\,\alpha$, $b_0 = l_2\, tg\,\beta$, so ist nach 2) β Funktion von α, und es handelt sich um eine Aufgabe der relativen Maxima und Minima, die man in bekannter Weise löst, indem man 1') und 2) differenziert und $\frac{d\beta}{d\alpha}$ eliminiert.

Um die Aufgabe der Bestimmung des Punktes C auf der festen Strecke $A_0 B_0$ (Bedingung 2), welche den Abstand der Lote $A_0 A$ und $B_0 B$ bestimmt, gemäß 1) ohne Differentiation zu lösen und damit die Beziehung zwischen α und β zu finden, behalten wir die Bedingung 2) unverändert bei, ändern aber 1) so, daß an Stelle eines Minimums der Zeit ein Streckenminimum tritt: Wäre in beiden Medien die Geschwindigkeit gleich, so lautete Gleichung 1) einfach $a + b$ = Min., also ACB

[1]) Jedes Glimmerblatt, das bei Natriumlicht zwischen gekreuzten Nicols Helligkeit gibt, ist bei richtiger Stellung ebensogut zu brauchen.

eine Gerade. Wir tragen nun der Ungleichheit der Geschwindigkeiten Rechnung, indem wir a entsprechend der größeren Geschwindigkeit größer machen, ersetzen also a durch $a \cdot \frac{v_1}{v_2}$, wenn b beibehalten wird. Es muß dann aber A auf dem Lote $A_0 A$ verschoben werden nach A', so daß $A'C = a \cdot \frac{v_1}{v_2}$, also nach dem Schnittpunkt des Lotes mit dem Kreise um C mit Radius $a \cdot \frac{v_1}{v_2}$. Die Bedingung 1) geht dann über in

$$A'C + CB = \text{Min.},$$

d. h. $A'CB$ ist eine Gerade. Aus dem Dreieck $A'AC$ folgt dann sofort nach dem Sinussatz das Snelliussche Gesetz. — Es ist bemerkenswert, daß die so erhaltene Figur keine andere ist als die bekannte zur Konstruktion des gebrochenen Strahls.

In dieser Zeitschrift, Jahrg. I, hat auch Schellbach in „Beiträge zur geometrischen Optik“, S. 191 f., einen einfachen elementargeometrischen Beweis angegeben. Der hier mitgeteilte, den ich nirgends habe finden können, ist erheblich einfacher und dürfte sich wegen der erwähnten Eigenschaft der Figur für den Unterricht empfehlen. Der einleitende Hinweis auf die Lösung durch Differentiation hatte hier nur den Zweck, die Bedingung $a_0 + b_0 = \text{konst.}$ zu betonen und die Verschiebung des Punktes A auf dem Lote $A_0 A$ zu begründen; man wird beim Unterricht dieser näheren Begründung entraten können.

Für die Praxis.

Neue einfache Blitztafeln und Blitzkugeln. Von Franz Queißer in Krumau. Die gewöhnlich mittels Stanniol hergestellten Blitztafeln beanspruchen immerhin einige Mühe, wenn man sich dieselben selbst anfertigen will, oder kosten doch schon ziemlich viel, wenn man sie käuflich erwirbt. Mit wenig Geld und geringer Mühe aber erreicht man mindestens ebenso schöne Wirkungen auf folgende Weise:

Man verschaffe sich die zum Bronzieren von Gegenständen gebräuchlichen Bronzen aus Aluminium und Kupfer (auch Messing), wie sie in jeder kleinen Drogenhandlung zu erhalten sind, ferner Ferrum limatum. Außerdem benötigt man ein Fläschchen des gleichfalls überall erhältlichen Spirituslackes; eventuell auch einige Glasplatten, etwa 15 × 10 cm im Ausmaß. —

Cu
Al
Fe
Cu
Al
Fe
Cu
Al
Fe
Cu

Fig. 1.

Irgend ein Bronzepulver oder das Eisenpulver rührt man nun in dem Lacke zu einer schwach breiartigen Masse an und bestreicht hiermit mittels eines Pinsels eine Glasplatte oder besser ein ebensogroßes Pappendeckelstück gleichmäßig (Fig. 1), läßt trocknen, was bei dem Spirituslack bald bewerkstelligt ist, und die Blitztafel ist fertig. Pappendeckel ist deswegen vorteilhafter, weil er sich durch geeignet angebrachte Seidenschnüre viel leichter in eine beliebige Lage bringen läßt als die Glasplatten. —

Man verbindet nun die zwei Pole einer Influenzmaschine entweder mit den beiden Armen des Henleyschen Ausladers oder einer sonst regulierbaren Funkenstrecke und ordnet die Tafel, natürlich mit der bestrichenen Seite dem Beobachter zugewendet, so an, daß die Kugeln dieselbe nicht berühren, sondern bei Tätigkeit der Maschine ein Funkenstrom durch die Platte zwischen den beiden Elektroden übergeht. Die durch den Lack isolierten Metallteilchen bilden nämlich eine aus kleineren Funkenstrecken bestehende Brücke, und es bietet ein schönes Bild, den Funken in den verschiedensten Verästelungen überschlagen zu sehen.

Gleichzeitig aber werden auch die kleinen Metallteilchen durch die Wärme des Funkens verdampft und verbrannt (die Verbrennungsprodukte sieht man auch nach-

her als Pulver an den beiden Elektroden), und der Funke nimmt die Farbe desjenigen Dampfes an, dessen Metall er eben durchschlägt: so liefert die Kupferbronze grünliche, das Eisenpulver gelbliche, die Aluminiumbronze rötlichweiße Funken. Noch schöner kann man das Ganze gestalten, um den Gegensatz der verschiedenen Funkenfärbung besser hervortreten zu lassen, wenn man die Platte in Partien trennt, welche dann mancherlei Formen haben können, und die Metalle auf dieselben entsprechend verteilt, z. B. streifen-, oder ringförmig, wie die Figuren wiedergeben. Das Funkenspiel der einzelnen Partien ist dann auch noch verschieden gefärbt, und eine derartige Platte gewährt, im Dunkeln betrachtet, einen prächtigen Anblick.

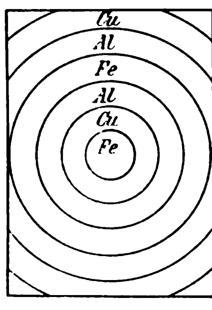


Fig. 2.

Fast noch schöner nehmen sich ähnlich hergestellte Blitzkugeln aus. Zu diesem Zwecke verschaffe man sich einen oder nach Wunsch mehrere Gummibälle, welche ja überall zu haben sind. Man hänge dieselben an Seidenfäden isoliert auf und überziehe sie mit einer oder mehreren der oben genannten Bronzen (Fig. 2). Hält man solche Kugeln zwischen die Pole einer Influenzmaschine oder Funkenstrecke, so erscheinen sie wie von glänzenden Fäden umsponnen, welche durch den sich vielfach verzweigenden Funken gebildet werden. Man kann wohl auf solche Weise auch Blitzröhren herstellen oder beliebige andere Körper als Blitzkörper verwenden, wobei der Phantasie ein weiter Spielraum geboten ist.

Nur nebenbei sei noch erwähnt, daß die bronzierten Gummibälle bei verschiedener Größe sich auch sehr gut als Kugeln mit verschiedener Kapazität zu messenden Versuchen verwenden lassen.

Gestelle für einzelne Reagenzgläser. Von **H. Rebenstorff.** Beim chemischen, bisweilen auch beim physikalischen Unterricht ist es erwünscht, einzelne Reagenzgläser aus der Hand stellen zu können, so daß der Inhalt gut sichtbar bleibt. Bisweilen soll dabei das Absetzen eines Niederschlages, die Einwirkung des Tageslichtes oder Ähnliches vor dem Fenster im Laufe der Stunde noch sichtbar werden. In solchen Fällen ist ein einfaches Gestelle verwendbar, bestehend aus einem quadratischen Brettchen, aus dessen Mitte sich in wenigen Windungen eine Drahtspirale erhebt. Das obere Drahtende ist wieder herabgebogen und führt durch das Brettchen, wo es innerhalb einer Aussparung auf der Unterseite mit dem anderen Drahtende zusammengedreht ist. Durch die Bohrlöcher muß der Draht nur gedrängt hindurchgehen und eine gewisse Steifheit besitzen. Befindet sich an der einen Kante des Brettchens eine Metallöse, so kann man es daran, etwa an der Seitenwand einer Vertiefung unter dem Tische, anhängen. Es ist dann für den Gebrauch sofort zur Stelle (Fig. 1). Auch ein Gestelle mit mehreren Tragspiralen ist bisweilen recht erwünscht (Fig. 2). Die vielfach verwendbaren „Reagensgläser mit Seitenrohr“ (ds. Zeitschr. *XVIII 225*) kann man in den Gestellen der Beobachtung zugänglich erhalten (Fig. 3, a, b, c). Gewisse Vorzüge besitzt andererseits der ältere Halter (Fig. 3 links). Die beschriebenen Halter liefert ebenfalls die Firma Gustav Müller in Ilmenau.

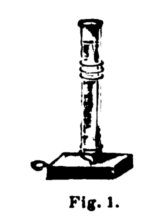

Fig. 1.

Fig. 2.

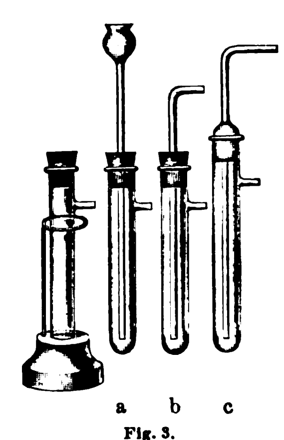


Fig. 3.

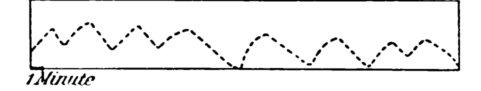
Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Einen Apparat zur Aufsuchung regelmäßiger Wellen im Luftdruck beschreibt W. Schmidt (Wien)[1]). Während bei der Toeplerschen Drucklibelle und dem Hefnerschen Variometer die Druckschwankungen eines durch eine Kapillare mit der Außenluft verbundenen, sonst abgeschlossenen Luftvolumens beobachtet werden, bestimmte der Verf. den Druckunterschied im Innern zweier verschiedener Gefäße. Nimmt man an, daß der Luftdruck im Freien regelmäßige Schwingungen ausführt und nach einem einfachen Sinusgesetz mit der Zeit sich ändert, so werden diese Schwingungen im Innern eines durch eine Kapillare mit der Außenluft verbundenen Gefäßes auch Druckschwingungen von derselben Schwingungsdauer, aber anderer Amplitude und Phase erzeugen. Für ein zweites, durch eine andere Kapillare mit der Außenluft verbundenes Luftvolumen werden diese Größen wieder andere, indem sie stets von der Abnahmegeschwindigkeit der Druckdifferenz in beiden Gefäßen abhängen. Betrachtet man nun den Druckunterschied zwischen den Innenräumen beider Gefäße, so zeigt auch dieser eine Sinusschwingung mit veränderter Amplitude, die aber nur für mittlere Schwingungszahlen merklich ist, während sie für sehr rasche und sehr langsame Schwingungen sehr gering bleibt. Sind nämlich die äußeren Luftdruckschwankungen sehr langsame, so hat jedes der beiden Luftvolumina Zeit, seinen Druck mit dem der Außenluft auszugleichen; bei sehr raschen Schwingungen hingegen wird wegen der kurz aufeinander folgenden, entgegengesetzt gerichteten Impulse überhaupt keine Druckänderung im Innern der Gefäße hervorgerufen. In beiden Fällen kann sich also keine bedeutendere Druckdifferenz einstellen, wohl aber bei mittlerer Schwingungsdauer, wo das durch die weitere Kapillare mit der Außenluft verbundene Gefäß weniger gegen die Druckschwankungen in dieser zurückbleibt als das andere.

Der Apparat bestand aus zwei Flaschen von je 100 ccm Inhalt; durch den sie verschließenden Kautschukstöpsel führt neben einem Glasrohr mit Hahn, der den Druck innen und außen auszugleichen gestattet, ein zweites Rohr, an das die Kapillaren angeschlossen werden; mit ihm steht auch die Toeplersche Drucklibelle in Verbindung, welche zwischen den beiden Flaschen eingeschaltet ist. Als Sperrflüssigkeit diente Wasser mit Alkohol, die Ablesung des Kuppenstandes erfolgte durch ein Mikroskop mit Okularmikrometer. Als Kapillaren dienten Thermometerröhren von verschiedener Weite und Länge. Für jede von ihnen wurde die Abnahmegeschwindigkeit der Druckdifferenz zwischen Außenluft und Innenraum als besondere Kanstante α vorher bestimmt. Unter einer Reihe von Kapillaren wurde eine Auswahl so getroffen, daß die Schwingung eine maximale Amplitude und diese einen gewünschten Betrag hatte; bei einer Versuchsreihe wurden z. B. zwei Röhren benutzt, deren Abklingungskonstanten 5,5 bzw. 40,8 Sek. betrugen.

Die mit diesem Apparat aufgesuchten regelmäßigen Wellen im Luftdruck können beruhen entweder auf rein mechanischen Schwingungen einer begrenzten Luftmenge (enger Hof, über den Wind weht) oder auf Helmholtzschen Luftwogen oder auf stehenden Schwingungen verschieden temperierter Luftschichten. Fig. 1 gibt eine am 25. Mai



1907 bei sonnigem windstillen Wetter gemachte Beobachtungsreihe wieder. Die Intervalle zwischen den einzelnen Ablesungen betrugen 15, später 30 Sek.; die Schwingungsdauer der bevorzugten Wellen war etwa 6 Min. Andere vom Verf. reproduzierte Diagramme zeigen einen weniger regelmäßigen Verlauf der Luftwellen. *Schk.*

[1]) Annalen der Physik 27, 346 (1908).

Ein eigentümlicher stereoskopischer Effekt wird von E. Grimsehl beschrieben; er tritt ein, wenn man farbige Darstellungen mit beiden Augen zugleich durch ein einfaches Leseglas von etwa 9 cm Durchmesser betrachtet[1]). So erscheint in einer deutschen abgestempelten Zehnpfennigmarke bei dieser Betrachtungsweise der Stempel etwa 2—3 mm weit über der Marke schwebend, während er

[1]) Physikalische Zeitschrift 9, S. 109 u. 201 (1908).

bei einer Fünfpfennigmarke tief in das Papier hineingedrückt erscheint. Eine ähnliche Beobachtung macht man, wenn man auf weißem Papier ein engmaschiges Netz mit roter Tinte und darauf schwarze Buchstaben zeichnet. Von einer Reihe konzentrischer Kreise, die abwechselnd mit grüner (oder blauer), schwarzer, roter, schwarzer usw. Tinte ohne weiße Zwischenräume gezeichnet sind, erscheinen durch das Leseglas die roten Kreise gehoben, die grünen vertieft. Der Verfasser erklärt den Effekt durch die Farbenabweichung, welche die durch die Ränder des Glases gehenden Strahlen erfahren, indem die roten Strahlen zu einem virtuellen Bilde des Objekts hin konvergieren, das vor dem entsprechenden grünen Bilde liegt. Die scheinbare Hebung des Stempels der Zehnpfennigmarke würde daher so zu erklären sein, daß nicht der Stempel, sondern der rote Untergrund gegenüber den weiß durchschimmernden Teilen des Papiers gehoben wird.

Nach M. v. Rohr ist eine ähnliche Beobachtung schon 1848 von Brewster gemacht; auch F. Kohlrausch hat bereits 1871 auf eine gleiche Erscheinung hingewiesen, die er mit zwei kleinen geradsichtigen Prismen anstellte. Dagegen machte Grimsehl noch eine weitere Beobachtung, die neu zu sein scheint. Macht man auf weißem Papier eine Anzahl schwarzer, roter und grüner Flecke und betrachtet diese durch das Leseglas, so erscheinen die grünen vorn, die schwarzen dahinter und die roten noch weiter zurückliegend; auf schwarzem Hintergrunde ist die Anordnung gerade umgekehrt. v. Rohr erklärt die erste Erscheinung aus der prismatischen Wirkung der linken und der rechten Hälfte des Leseglases auf beide Augen, wobei das Blau nasal, das Rot temporal verlagert wird; das erste entspricht einer Annäherung, das zweite einer Entfernung. Beim schwarzen Untergrunde handelt es sich um eine Linsenwirkung, durch die jedes Fleckenbild nach außen geschoben wird, blau aber mehr als rot.

Nach F. Grünbaum wird der „stereoskopische Effekt" bei Betrachtung farbiger Bilder auch mit bloßem Auge, ohne Linsen, erzielt[1]). Zur Untersuchung diente eine Tafel aus schwarzem, glanzlosem Papier, auf der Figuren mit den Farben Rot, Gelb, Blau, Grün und Weiß aufgezeichnet waren. Die meisten Figuren enthielten in der Mitte einen kreisförmigen farbigen Fleck (z. B. rot), um diesen blieb ein schwarzer Ring frei, und es folgte ein andersfarbiger Ring (z. B. grün). Es wurden 16 ähnliche Figuren mit verschiedenen Farben in 4 Reihen, außerdem auch Figuren mit einem Fleck und 2 Ringen aufgestellt und in 1 m Entfernung von 15 verschiedenen Beobachtern geprüft. Alle konnten die Raumwirkung wahrnehmen. Die meisten sahen zuerst Rot, dahinter Gelb, zuletzt Grün oder Blau; das ist ein Hervortreten der langwelligen Farben gegenüber den kurzwelligen. Die Helligkeit einer Farbe begünstigte ihr Hervortreten; beim Fehlen des schwarzen Zwischenraumes trat die Raumwirkung nicht mehr ein. Eine Erklärung gibt der Verf. nicht, vermutet aber, daß mangelhafte Achromasie des Auges dabei mitwirke. *Schk.*

[1]) Verh. der Deutsch. Physikal. Ges. 10, 234 (1908).

2. Forschungen und Ergebnisse.

Aus der Akustik. 1. Die Wahrnehmung der Schallrichtung. Von C. S. Myers und H. A. Wilson[1]). Zu dem in dieser Zeitschr. XXI, 192 gegebenen Bericht kommen hier noch einige Ergänzungen. Die Verff. prüften durch eine besondere Versuchsanordnung die von Lord Rayleigh gemachte Beobachtung, daß der Hörer die Schallquelle nach der Seite hin verlegt, an der die Phase weiter vorgeschritten ist. Der Ton einer Stimmgabel wurde durch ein mittleres Ansatzstück einer 2½ m langen Messingröhre zugeführt, die in zwei weiteren Röhren verschiebbar war; aus diesen gelangte der Ton durch Glas- und Gummiröhren zu den beiden Ohren des Beobachters. Ein Gehilfe verschob die erste Röhre und änderte dadurch die Wege des Tons zu den beiden Ohren. Eine Stimmgabel von 512 Schwingungen zeigte eine gute, Gabeln von 384 und 128 Schwingungen leidliche Übereinstimmung zwischen der Seitenwahrnehmung und der Phasendifferenz; dagegen gab eine Gabel mit 256 Schwingungen eine Seitenwirkung, die der erwarteten genau entgegengesetzt war. Der Grund dieser Abweichung wurde in der Resonanz gefunden, die der Ton in der Röhre je nach Stellung des Ansatzstückes erfuhr; durch Anwendung manometrischer Flammen ließ sich das genau nachweisen. Wurde das Rohr an einer Stelle

[1]) Proc. of the Royal Society 80, 260 (1908); Naturw. Rdsch. XXIII, 357 (1908).



teilweise mit Watte verstopft, so wurde der Seiteneffekt erst richtig wahrgenommen, wenn sich das Ohr an den Intensitätsunterschied gewöhnt hatte. Hiernach scheint die Phasendifferenz den Seiteneffekt dadurch hervorzurufen, daß sie einen Unterschied der Intensität des Schalles innerhalb beider Ohren hervorbringt.

2. **Über die akustische Wirkung der menschlichen Stimme** hatte Marage schon früher wichtige Untersuchungen angestellt[1]). In einem Saal, in dem ein kontinuierlicher Ton erzeugt wird, kann ein Hörer drei Arten von Schwingungen unterscheiden: 1. die von der Quelle kommende primäre Welle; 2. die von den Wänden zurückgeworfenen diffusen Wellen, die den Resonanzton erzeugen, und 3. die von den Wänden reflektierten regelmäßigen Wellen, die zu verschiedenen Echos Anlaß geben. Der Raum hat dann gute Akustik, wenn er kein Echo erzeugt, und der Resonanzton so kurz ist, daß er den erzeugenden Ton verstärkt, ohne den nachfolgenden zu stören. Die Dauer t dieses Resonanztons hat der amerikanische Ingenieur W. Sabine durch die Formel $t = \frac{K}{a+x}$ ausgedrückt, wo K eine vom Volumen des Saals abhängige Konstante, a das Absorptionsvermögen des leeren Saales, x das Absorptionsvermögen der Zuhörer bedeutet. Marage machte seine Beobachtungen in sechs sehr verschieden großen Sälen von Paris; unter ihnen war der größte im Trocadero mit 630000 cbm, der kleinste der Hörsaal für Physiologie in der Sorbonne mit 646 cbm. Als Tonquelle diente eine mit Resonator versehene Vokalsirene, die an der Stelle, wo sich gewöhnlich der Redner befindet, aufgestellt wurde. Bei gefülltem und leerem Saale wurde dann für die Vokale U, O, A, E, I die Dauer des Resonanztons bestimmt, während der Beobachter sich nacheinander an den verschiedensten Punkten des Saales befand. Die Beobachtungen erwiesen die Sabinesche Formel als zutreffend. Die Dauer des Resonanztons ändert sich mit dem Klange, der Höhe und der Stärke des erzeugenden Tones; dies erklärt vielleicht die Erscheinung, daß ein Saal für einen Redner gut, für ein Orchester schlecht sein kann. Damit die Akustik eines Saales gut sei, muß die Dauer eines Resonanztons ziemlich konstant sein für alle Stellen und für alle Vokale, und zwar zwischen $\frac{1}{2}$ und 1 Sekunde liegen. Ist die Dauer größer als 1 Sekunde, so kann man sich in dem Saale nur verständlich machen, wenn man sehr langsam spricht, gut artikuliert und der Stimme keine zu große Energie gibt.

[1]) C. R. CXLII, 878 (1906).

In einer neueren Arbeit versuchte Marage diese Energie für verschiedene Stimmen (Baß, Bariton, Tenor) zu messen[1]). Als Maß dient das Produkt $V.H$, wo V das Volumen der aus den Lungen kommenden Luft, H den Druck derselben bedeutet. Da aus zahlreichen Versuchen hervorging, daß die mit der Sirene erzeugten Vokale U, O, A auf Note fa_2, die dem Baß, Bariton und Tenor gemeinsam ist, den gleichen Eindruck auf den Hörer machen wie diese drei Stimmen, so konnten auch hier die künstlichen Vokale verwertet werden. In vier verschiedenen Sälen ergaben die Messungen, daß die Energien der drei Stimmen, damit diese gehört werden konnten, sehr verschieden waren. So verbrauchte im Trocaderosaal der Baß, um gehört zu werden, 0,0014, der Bariton 0,00012 und der Tenor 0,000088 kgm. Im allgemeinen zeigte sich, daß der Baß eine 7- bis 16mal größere Energie aufwenden muß wie der Tenor, während der Bariton eine dem Tenor nähere Zwischenstellung einnimmt. In verschiedenen Sälen war die Differenz auch verschieden; im Trocadero verbrauchte der Tenor 4mal soviel Energie wie im Theater Richelieu, während der Baß eine 9mal so große Anstrengung machen mußte. Ergänzt wurden diese Messungen durch solche an zwei abnormen Personen, von denen die eine einen künstlichen Kehlkopf, die zweite eine Trachealkanüle unterhalb der normalen Stimmbänder besaß; bei beiden konnte der Luftdruck und das Volumen der ausgestoßenen Luft beim Sprechen bestimmt werden. Im Durchschnitt leistet man bei der Unterhaltung in 1 Stunde eine Arbeit von etwa 48 kgm, bei einer Rede in großem Saale im Mittel 200 kgm. Je kürzer die Stimmbänder, um so geringer ist die bei der Unterhaltung geleistete Arbeit: Frauen leisten beim Sprechen eine 4mal geringere Arbeit als Männer und ermüden darum viel weniger. Da die Arbeit beim Sprechen vorzugsweise vom Volumen der ausgeatmeten Luft abhängt, so muß ein Redner lernen, mit dieser Luft hauszuhalten.

3. **Akustische Notizen.** Von H. Starke[2]). a) **Die Erzeugung von Tönen durch künstliche Schwebungen.** Die Frage, ob

[1]) Journal de Physipue VII, 298; Naturw. Rdsch. XXIII, 380 (1908).

[2]) Verh. d. Deutschen Physikal. Ges. 1908, S. 285.

alle Tonstöße als besondere Töne gehört werden, ist von verschiedenen Akustikern verschieden beantwortet worden. Hierher gehören die aus Schwebungen gebildeten Differenztöne und die künstlich zur Intermittenz gebrachten einfachen Töne. Der Verf. untersuchte die für die letzteren angewandten Methoden und verglich diese miteinander in bezug auf die Treue ihrer Nachahmung von Schwebungen. Er verwirft die Königsche Methode, bei der die Töne periodisch schwankender Intensität durch eine Sirene mit periodisch sich ändernder Größe der Luftlöcher erzeugt werden. Dagegen ahmt den Vorgang der Schwebungen zweier Töne fast vollkommen die Methode der rotierenden Stimmgabel nach; bei einer vollen Umdrehung erhält man hier vier Schwebungen. An Stelle der Stimmgabel werden auch rotierende Klangplatten verwendet. Wegen ihrer Entstehung aus variierender Tonintensität werden diese Töne nach Radau Variationstöne genannt; A. und L. Weinhold bezeichneten die hierbei eintretende Zweispaltung des Tones als ein „akustisches Analogon zum Zeemanschen Phänomen". Schwebungen werden ferner künstlich dadurch nachgeahmt, daß ein Ton p konstanter Höhe und Intensität entweder durch Kontaktunterbrechungen eines Telephonmikrophonkreises oder mittels einer zwischen Tonquelle und Ohr des Beobachters rotierenden Scheibe mit Öffnungen zu einem intermittierenden gemacht wird. Bei q Unterbrechungen in der Sekunde erhält man hier einen Klang p, der $2q$ Schwebungen hat und als zusammengesetzt anzusehen ist aus den beiden Variationstönen $p + q$ und $p - q$. Man hört hier aber nicht den Ton $2q$, sondern, wenigstens bei hohem p, den Unterbrechungston q. Die Variationstöne vor einer zwischen Stimmgabel und Beobachter rotierenden, mit Ausschnitten versehenen Scheibe sind sehr deutlich zu hören, der Unterbrechungston, der an Höhe der Zahl der passierenden Löcher entspricht, dagegen nur bei sehr hohem Gabelton (2048 Schwingungen), wobei die Variationstöne sehr nahe zusammenrücken. Ein Unterschied zwischen Schwebungen und Intermittenzen muß also durchaus gemacht werden. Beide werden oft miteinander verwechselt, so bei der Hermannschen Vokaltheorie, gegen die der Verf. sich in weiteren Ausführungen wendet.

4. Bestimmung der Schallgeschwindigkeit. Von M. Thiesen[1]). Schon vor einigen Jahren hatte der Verf. eine neue Methode zur Bestimmung der Schallgeschwindigkeit, die Methode des geschlossenen Resonators, angegeben. Sie besteht darin, daß man in einem geschlossenen Raume stehende Schwingungen erzeugt und die Frequenz bestimmt, bei der ein Maximum der Resonanz eintritt. Bei den hier beschriebenen Versuchen wurde als Resonanzrohr ein Messingrohr von 5,6 cm innerem Durchmesser und 0,2 cm Wandstärke benutzt; seine Länge wurde durch Vergleichung mit dem auf Silber geteilten Messingmeter bei 0° zu 100,004 cm bestimmt. Auf die Enden der Röhre wurden zwei gleichartige Fassungen aufgesetzt; das eine Ende wurde durch Kautschukschläuche mit der Schallquelle, das andere mit zwei in die Ohren des Beobachters eingeführten Hörern verbunden. Die Gasfüllung des Resonators war von der äußeren Luft durch Membranen aus Neusilberblech abgeschlossen; kleine Öffnungen von 0,1 cm Durchmesser in den Fassungen ermöglichten den Eintritt des Schalles in den Resonator. Als Schallquelle diente eine durch einen Elektromotor angetriebene Sirenenscheibe von 60, 80 und 120 Löchern, deren Bewegung durch mikrometrische Verschiebung eines Bremsmagneten reguliert wurde. Die Umdrehungsgeschwindigkeit wurde so variiert, bis das Ohr die maximale Resonanz wahrnahm, und dann mittels eines Chronographen gemessen. Die Rohrlänge des Resonators ist dann gleich der halben Wellenlänge des erzeugten Tones; aus dieser und der durch die erste Messung bestimmten Schwingungszahl ergibt sich die Schallgeschwindigkeit. Die Einstellung des Resonanzmaximums wurde durch Unregelmäßigkeiten des Motors, Nebengeräusche und harmonische Obertöne sehr erschwert; durch Vorschaltung von Hilfsresonatoren mit unharmonischen Obertönen und breitem Maximum gelang es aber, den Klang der Sirene so weit zu reinigen, daß im wesentlichen nur der Grundton übrig blieb. Der Verf. bestimmte mit dieser Methode die Schallgeschwindigkeit der Luft bei 0°. Dazu wurde der Resonator in einem Zinkkasten, der mit Eis gefüllt werden konnte, auf Holzträgern befestigt. Aus einer großen Zahl unabhängiger Versuchsreihen ergab sich die Schallgeschwindigkeit der trockenen kohlensäurefreien Luft von 0° zu 33192 ± 5 cm/sec.

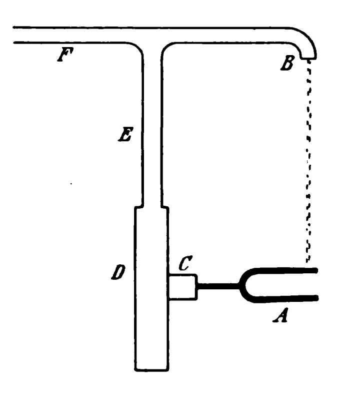
[1]) Annalen der Physik **25**, 506 (1908).

5. Akustische Notizen. Von Lord Rayleigh[1]). a) Erhaltung von Stimmgabel-

[1]) Phil. Mag. 16, 235; 1908.



schwingungen durch Wassertropfen. Die Reaktion zwischen der Stimmgabel A und dem von B (Fig. 1) kommenden Wasserstrahl wird bewirkt durch eine Zweigröhre E, die in einem Metallkasten D endigt. Auf einer biegsamen Seite dieses Kastens ist eine Holzröhre C befestigt, an welche die Stimmgabel geschraubt ist. Die Schwingungen dieser bewirken bei geeigneter Einstellung einen Strom von Tropfen von derselben Frequenz. Die Öffnung B ist etwa 2 mm weit in eine dünne Metallplatte gebohrt. Die Röhren sind von Blei und erlauben eine leichte Einstellung durch Biegung; das Wasser kommt entweder direkt aus der Leitung oder besser aus einer Aspiratorflasche. Es kommt bei dem Versuch



nicht nur auf die gleiche Frequenz von Tropfen und Stimmgabelschwingungen, sondern auch auf die richtige Phase an, da das Auffallen der Tropfen auf eine vorhandene Schwingung ebenso hemmend als fördernd einwirken kann. Eine geringe Änderung der Entfernung zwischen A und B hat hierbei einen günstigen Einfluß. Der Verf. benutzte Stimmgabeln von 256 und 320 Schwingungen und erhielt gute Resultate. Die Mängel der Anordnung beruhen in dem leichten Rosten der Zinken, der nicht sehr großen Intensität der Schwingungen und der durch adhärierende Tropfen ungenau werdenden Frequenz.

b) Das „Akustikon". Das Instrument dient zum Hören bei Schwerhörigkeit und besteht aus einer einfachen Batterie, einem Mikrophon und einem Telephonstrom. Die aus 2 oder 3 Trockenelementen bestehende Batterie und das Telephon bieten nichts Besonderes. Nur das Mikrophon ist ungewöhnlich wirksam. Die den Schall aufnehmende Scheibe besteht aus Kohle, ist $^1/_2$ mm dick und am Rande befestigt. Gegen sie drücken sechs Gruppen von kleinen ($^1/_2$ mm) Kohlenkugeln vom Ansehen von Schrotkugeln, die sich in halbkugligen Vertiefungen einer dicken Kohlenplatte befinden. Beim Gebrauche wird das Mikrophon wie eine Medaille auf der Brust getragen, oder es steht, z. B. beim Diner, auf dem Tische. Bei einem großen Modell hatte der Verf. zwei parallel miteinander verbundene Mikrophone. Die Wiedergabe der Laute war nicht für alle Konsonanten gleich gut.

c) Tonhöhe der Zischlaute. Der Verf. bestimmte diese mit der Methode der Knoten und Bäuche mit Hilfe einer sensitiven Flamme und eines gleitenden Reflektors. Ein von Herrn Enock gegebener sehr hoher Zischlaut hatte eine Wellenlänge von 25 mm, während ein tieferer des Verf. $\lambda = 82$ mm aufwies. Die Schwingungszahl wäre von der Größenordnung 10 000 pro Sek., mehr als 5 Oktaven über Mittel c.

d) Beobachtungen an Telephonen. Aus der Tatsache, daß durch Verdickung der Membran eine bessere Artikulation der Zischlaute und einiger Konsonanten erzielt wird, glaubte der Verf. einen ähnlichen Vorteil aus der Einführung eines Kondensators in den Stromkreis erzielen zu können. Theoretische Überlegungen führten auch zu diesem Schlusse. Die Versuche des Verf. bestätigten aber die Annahme nicht. Dagegen erhielt derselbe eine deutliche Resonanz in der Region der höheren Töne seines Harmoniums (etwa 2000 Schwingungen), wenn eine neue Selbstinduktion in den Stromkreis eingefügt wurde. Diese Resonanz war praktisch beschränkt auf eine Region von 3 bis 4 Halbtönen; wurde bei der besten Tonhöhe der Kondensator ausgeschaltet, so war ein deutlicher Abfall der Intensität zu merken.

Nimmt man an Stelle der Eisenplatte eines Telephons eine Kupfer- oder Aluminiumplatte, so ist bei Benutzung eines Kohlenmikrophons als Empfänger das Ticken einer Uhr deutlich hörbar, wenn auch in verschiedener Qualität in beiden Fällen. Dagegen bleibt eine Glimmerplatte still selbst bei heftiger Erregung. Verschiedene, zur Erklärung dieser Erscheinung angestellte Versuche führten zu dem Schlusse, daß nicht etwa Spuren von Eisen in den anderen Metallen die Wirkung hervorriefen, sondern daß es in der Metallscheibe induzierte Wechselströme sind, die auf den nahezu konstanten Magnetismus der Polstärke reagieren. *Schk.*

„Metallstrahlung." Von Sem Saeland[1]. Verschiedene Metalle und oxydierbare orga-

[1]) Annalen der Physik 26, 899 (1908).

nische Substanzen üben auf die photographische Platte eine Wirkung aus, die von einigen Beobachtern auf eine besondere „Metallstrahlung", von andern, wie Russel, auf Wasserstoffsuperoxyddämpfe zurückgeführt wird. Auch die bekannte Wirkung dieser Substanz wird von Grätz durch eine besondere Strahlung erklärt, während Russel in ihr eine chemische Reaktion sieht. Die Versuche Saelands scheinen nun darzutun, daß die Russelsche Auffassung als die richtige angesehen werden muß.

Ein frisch abgeschmirgeltes Stück Mg, Al oder Zn macht auf einer photographischen Trockenplatte einen Eindruck, der wie ein Lichteindruck entwickelt werden kann. Er ist am stärksten, wenn die Platte unmittelbar aufliegt; in geringer Entfernung hört die Wirkung bald ganz auf. Die Intensität der Wirkung entspricht der Stellung des betreffenden Metalles in der Voltaschen Spannungsreihe; je kräftiger aber das Metall gleich nach dem Abschmirgeln wirkt, um so schneller verschwindet auch die Wirkungsfähigkeit. Metalle, die wie Eisen und Nickel eine anfangs kaum merkliche Wirkung zeigen, geben bei monatelanger Berührung auch eine deutliche Schwärzung, während z. B. das anfangs stark wirkende Mg, nachdem es längere Zeit an der Luft gelegen, gar nicht mehr wirkte. Besonders kräftige Wirkungen geben einige Amalgame. Durch Wärme oder Elektrizität wurde die Wirkung nicht beeinflußt. Die Schwärzung der Platte wurde stärker, wenn man sie erst einige Zeit nach der Exposition entwickelte, ebenso wenn man sie vor der Entwickelung erwärmte. Im gut evakuierten Raume oder in H-Gas hörte die Wirkung vollkommen auf, in gut getrockneter Luft oder in reinem Wasserdampf wurde die Wirkung stark vermindert. Im allgemeinen ergab sich eine Wirkung nur dann, wenn die Möglichkeit für die Bildung von Wasserstoffsuperoxyd (nachgewiesen bei Amalgamen) vorhanden war.

Eine geradlinige Ausbreitung der Wirkung konnte nicht nachgewiesen werden. Brachte man zwischen das Metall und die photographische Platte Diaphragmen aus dünnem Messingblech, so ging die Wirkung durch die Löcher nicht hindurch: durch Diaphragmen aus Zinn- oder Aluminiumfolie dagegen ging sie hindurch. Dieselbe Erscheinung wurde beobachtet, wenn man anstatt des Metalles eine schwache Lösung von Wasserstoffsuperoxyd verwendete. Wurden die Löcher mit Feilspänen von Cu, Sn oder Al gefüllt, so wurden beide Wirkungen wieder durch das Cu, nicht durch Sn und Al aufgehalten. Man hat sich hiernach vorzustellen, daß H_2O_2-Dämpfe von der nächsten Umgebung der Metalle oder der Lösung zu der photographischen Platte hinüberwandern; wenn sie auf ihrem Wege zersetzt werden, geht die Wirkung verloren. Durch löcherfreie Aluminiumfolie ging die Wirkung nicht hindurch, durch einen Luftstrom konnte man sie wegsaugen. Beide Ergebnisse stehen im Gegensatz zu den Beobachtungen von Grätz und sprechen dafür, daß wir es mit Dämpfen, nicht mit einer Strahlung zu tun haben. Hiernach dürfte sich bei der Oxydation der Metalle Wasserstoffsuperoxyd bilden, das die photographische Wirkung hervorbringt. *Schk.*

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Aus der Friesschen und der Cohenschen Schule. Vor Jahresfrist hat das Geleitwort zum Beginn des dritten Jahrzehntes unserer Zeitschrift als letzten der vier Hauptprogrammpunkte (deren drei andere den humanistischen Charakter des physikalischen Unterrichtes — die experimentelle Betätigung der Schüler — die Aufgabe, den gesamten realistischen Unterricht einheitlich zusammenzufassen, betrafen) auch der Beziehung zur Philosophie gedacht, nämlich: es sei der physikalische Unterricht „vor allen anderen Fächern dazu berufen, dem gesamten naturwissenschaftlichen Unterricht den philosophischen Abschluß zu geben, dessen er dringend bedarf, wenn er sich gegen die Beziehungen zur Gesamtheit des menschlichen Geisteslebens nicht absperren und sich nicht selbst von der Mitwirkung an den höchsten Bildungsaufgaben ausschließen will". — Dieser Aufgabe nun sucht seit längerem die vorliegende Abteilung „Zur Erkenntnislehre" zu dienen und den physikalischen Leser dieser Zeitschrift über die für ihn bemerkenswerten philosophischen Erscheinungen auf dem laufenden zu erhalten.

Zu solchen „Erscheinungen" im weiteren Sinne gehört aber auch die leidige Tatsache, daß innerhalb der philosophischen Literatur selbst bis zur Stunde Gegensätze bestehen, die dem außerhalb der philosophischen Forschung Stehenden es doppelt schwer machen, der Philosophie überhaupt zu trauen und aus ihren Leistungen das zu seiner Belehrung

und wirklichen Förderung Geeignete auszuwählen.

Zu diesem Eingeständnis, das ja letztlich doch wieder den physikalischen Leser nur vor Entmutigung warnen und bewahren möchte, sehe ich mich veranlaßt durch das zufällige Zusammentreffen einiger mir zur Berichterstattung in dieser Zeitschrift zugewiesenen Schriften: nämlich einerseits von vier weiteren Heften „Abhandlungen der Friesschen Schule", andererseits zweier Schriften von Max Simon, in denen er gegen einen der eifrigsten Vertreter (Nelson) dieser Friesschen und für die Cohensche Schule Stellung nimmt. Zwischen diesen beiden philosophischen Schulen gibt es seit mehreren Jahren einen Kampf von ungewöhnlicher Heftigkeit, der für einen übrigens unbeteiligten Zuschauer immerhin einiges Merkwürdige hat. Gehen wir *in medias res:*

In Band II der Abhandlungen der Friesschen Schule S. 147 wird aus Cohens berühmtem Buch „Logik der reinen Erkenntnis" folgender Satz zitiert: „Die Empfindung der Wärme wird im Thermometer objektiviert und im Barometer wird *sie* ganz auf den Raum zurückübertragen."

Der physikalische Leser traut seinen Augen nicht, daß heutzutage ein Philosoph sich noch solchen — Tiefsinn leiste. Schlagen wir daher Cohens Buch (S. 387) selbst auf, so wird auch der größere philosophische Zusammenhang dem physikalischen Leser wieder einen nur wenig vertrauenerweckenden Eindruck machen; höchstens mildert sich der Schein vom Unsinn eines „Barometers", das mit „Empfindung der Wärme" etwas zu tun hätte, dahin, daß das Wörtchen „*sie*" sich nicht auf „Empfindung der Wärme", sondern nur auf „Empfindung" überhaupt bezogen haben dürfte. — Die schlichtere Denkgewohnheit des physikalischen Lesers wird wohl zur bescheidenen Frage an den Philosophen berechtigen, ob es denn nicht möglich wäre, philosophischen Tiefsinn auch anders zu betätigen als in der Form von Fallgruben, die er Schritt für Schritt dem Verständnis des anderweitig wissenschaftlich gebildeten Lesers gräbt. — Insoweit also müssen wir für die durchwegs einer ausgezeichnet klaren Darstellung sich befleißigende Schule Fries, gegen die Schule Cohen Stellung nehmen.

Wir setzen nun den Bericht über die „Abhandlungen der Friesschen Schule. Neue Folge. Herausgegeben von G. Hessenberg, Ph. Kaiser und L. Nelson" fort, über die an dieser Stelle schon zweimal berichtet worden war; nämlich ausführlich über den ersten Band (Heft 1 und 2) im Jahrg. 19, 120—125 und kürzer (über Hefte 3 und 4) im Jahrg. 20, 125. Nun ist auch der zweite Band[1]) dieser „Abhandlungen" im Umfang von 818 + 21 S. erschienen. Wir beschränken uns auf kurze Bemerkungen zu denjenigen (unten gesperrt gedruckten) Abhandlungen, die dem mathematisch-physikalischen Leser dieser Schriften näher stehen.

In Abhandlung III hebt Hessenberg (dessen Abhandlungen über „Das Unendliche in der Mathematik" und „Grundbegriffe der Mengenlehre" im ersten Band der „Abhandlungen" von mathematischer Seite zu den besten Darstellungen dieses Gegenstandes gezählt werden) in aller Schärfe den Unterschied zwischen der kritischen Aufweisung eines Axioms und dessen (durch den Begriff eines Axioms schon ausgeschlossenen) „Beweis" hervor. Die hier entwickelte Beziehung der „Grundlagentheorie" (S. 82) einer außerphilosophischen Wissenschaft, wie es auch die Mathematik ist, zur einschlägigen Erkenntnistheorie könnte vorbildlich werden auch für eine künftige „Grundlagentheorie der Physik". Der zweite Teil der Abhandlung nimmt Stellung gegen jenes Büchlein Cassirers aus der Cohenschen Schule, das derselben Serie angehört wie das unten besprochene von Simon.

V hebt Schwierigkeiten der philosophischen Propädeutik infolge des zerfahrenen Zustandes der gegenwärtigen wissenschaft-

---

[1]) 1. Heft: I. Der Wert des Lebens nach Platon. (O. Apelt.) II. Inhalt und Gegenstand. Grund und Begründung. Zur Kontroverse über die kritische Methode. (Nelson.)

2. Heft: III. Kritik und System in Mathematik und Philosophie. (G. Hessenberg.) IV. Das gute klare Recht der Freunde der anthropologischen Vernunftkritik, verteidigt gegen Ernst Cassirer. (K. Grelling). V. Ein Wort zur philosophischen Propädeutik. (E. Palte.) VI. Bemerkungen zur Geschichtsphilosophie. (C. Brinkmann.)

3. Heft: VII. Ist metaphysikfreie Naturwissenschaft möglich? (Nelson.) VIII. Bemerkungen zu den Paradoxien von Russel und Burali-Forti. (K. Grelling und Nelson.) IX. Über wissenschaftliche und ästhetische Naturbetrachtung. (Nelson.) X. Erinnerung an Ernst Friedrich Apelt. (O. Apelt.)

4. Heft (zugleich als selbständiges Buch erschienen): Über das sogenannte Erkenntnisproblem von Leonard Nelson. Göttingen, Vandenhoeck u. Ruprecht, 1908. 427 Seiten.

lichen Philosophie hervor; betont aber die Wichtigkeit einer Anleitung zum Selbstdenken der Schüler auch über philosophische Dinge.

VII verneint die gestellte Frage nach einer metaphysikfreien Naturwissenschaft und verteidigt im wesentlichen Kant (und Fries) gegen Mach. Nelson sagt (S. 255): „Das Problem, das Hume sich vorlegte, war nämlich nicht, wie Mach meint: „Wie kann ein Ding A auf ein anderes B wirken?“, sondern dies: „Wie können wir erkennen, daß ein Ding A auf ein anderes B wirkt?“ — Unmittelbar interessiert ist der physikalische Unterricht an folgender Streitsache: Nelson wendet sich (S. 270) gegen die Stelle aus Machs „Mechanik“, 5. Aufl., 1904, S. 141 f.: „Es wäre ein Anachronismus und gänzlich unhistorisch, wollte man die gleichförmig beschleunigte Fallbewegung, wie dies mitunter geschieht, aus der konstanten Wirkung der Schwerkraft ableiten. »Die Schwere ist eine konstante Kraft, folglich erzeugt sie in jedem gleichen Zeitelement den gleichen Geschwindigkeitszuwachs, und die Bewegung wird eine gleichförmig beschleunigte« Eine solche Darstellung wäre deshalb unhistorisch und würde die ganze Entdeckung in ein falsches Licht stellen, weil durch Galilei erst der heutige Kraftbegriff geschaffen worden ist.“ — Es sei mir hier die für mich auf immer denkwürdige Erinnerung gestattet: Als 1887 Mach mich zur Mitarbeit an vorliegender Zeitschrift einlud, teilte er mir mit, eine Stelle aus den österreichischen Realschulinstruktionen von 1879, die ich in der Vorrede meiner Unterstufe der Naturlehre von 1881 mit einer Art Begeisterung zitiert hatte, und die mit der oben angeführten teilweise wörtlich gleichlautend ist, rühre von ihm selbst her. Diese Gemeinsamkeit physikalisch-didaktischer Überzeugungen bildete dann zwischen Mach und mir ein bis heute nicht gelockertes Band, das unabhängig ist von Machs philosophischer Neigung zu Humes sensualistischer Passivitäts-Philosophie und meiner Neigung zur Spontaneitäts-Philosophie Kants. Unabhängig von dieser Verschiedenheit unserer philosophischen Neigungen ist aber auch meine Stellungnahme für Mach, gegen Nelson, in der von diesem bemängelten Stelle. Die Manier, mit einer Behauptung über die Konstanz der Schwerkräfte zu beginnen und aus dieser dynamischen Voraussetzung das phoronomische Fallgesetz erst zu deduzieren, war keine aus der Luft oder aus der Philosophie gegriffene Insinuation Machs, sondern diese Manier machte sich in den damaligen Physiklehrbüchern breit und gehörte mit zu meinen ersten und stärksten Eindrücken von der manchmal haarsträubenden Unlogik, mittels deren unsere Physiklehrbücher leider so oft und gern (z. B. durch Voranstellung der Lichttheorie *vor* die Lichterscheinungen — vgl. die folgende Besprechung der Schrift Gruners) die Denkinstinkte unserer Jugend verderben, statt sie zu läutern. Natürlich denkt Nelson bei seiner Verteidigung jenes ὕστερον πρότερον nicht an die speziellen Interessen des Schulunterrichtes. Aber auch rein wissenschaftlich war es nicht nötig, gerade aus jenen Stellen einen Einwand gegen Mach abzuleiten. Denn nicht erst, wenn man eine „Entdeckungsgeschichte der Schwerkraft“ schreibt, sondern auch, wenn man von dem — sei es auf welchem Wege immer entdeckten — „Gesetze der Schwere“ rein sachlich reden will, muß jeder Schein vermieden werden, als hätte von einer Schwere als „konstanter Kraft“ eher geredet werden können, als die phoronomische Konstanz der Beschleunigung aus der beobachtbaren Beziehung zwischen Zeit und Weg (durch zweimaliges Differenzieren, also apriori) abgeleitet war. Nelson selbst gibt das ja zu, indem er „die Eigenschaften der Fallbewegung“ den „Erkenntnisgrund“ nennt, der „zur Entdeckung der Konstanz der Schwerkraft führte“. Wenn er hinzufügt: „Dies schließt aber nicht aus, daß die konstante Schwerkraft die Ursache (den Realgrund) jener Eigenschaften der Fallbewegung bildet“, so befindet sich Nelson — gleich mir — wieder in einem sachlichen Gegensatz zu Mach, der eben an „Realgründe“ („Naturnotwendigkeiten“), speziell an „Ursache“ und an „Kraft“, die etwas anderes wären, als was bei Bewegungen auch schon das phoronomische Wort „Beschleunigung“ bedeutet, überhaupt nicht glaubt. — Sehr scharf sind die Ausführungen gegen das „Prinzip der Denkökonomie“: „Nach diesem Prinzip lehrt uns ja die Naturforschung gar nichts über die Natur, sondern nur darüber, welche Annahmen über die Natur uns Denkarbeit ersparen; womit offenbar der Glaube an das wirkliche Stattfinden des dieser Annahme genau Widersprechenden auf das beste verträglich ist.“ Nelson führt als Beispiel Riccioli an, der hinsichtlich des kopernikanischen Systems zum Ergebnis kam, „daß die Anschauungen dieser Lehre zwar als *falsch* zu betrachten seien, da sie mit der überlieferten Wahrheit in Widerspruch ständen, daß sie aber nichtsdestoweniger zur *bequemeren*

Ausführung der Rechnungen höchst nützlich und brauchbar seien". — Die Wurzel der Einsprüche Nelsons gegen die metaphysikfreie Naturwissenschaft dürfen wir am Schluß der Abhandlung finden (S. 298): „Da die mechanischen Prinzipien nicht empirischen Ursprungs sind [wäre ihre apriorische Zuschärfung möglich ohne einen empirischen Ursprung? muß ich meinerseits einwerfen], ist es nur konsequent, wenn heute diejenigen, die rein empirisch verfahren wollen, die Grundgesetze der Mechanik selbst wieder in willkürliche Annahmen verwandeln, über deren Brauchbarkeit nur die größere oder geringere Bequemlichkeit zu entscheiden habe, mit diesen aber alle objektiven Kriterien wissenschaftlicher Wahrheit preisgeben und somit auf die vorgalileische Stufe der Wissenschaft zurückkehren."

Die Abhandlung VIII untersucht mit größtem Scharfsinn das in der Mengenlehre viel behandelte Paradoxon von der „Menge aller Mengen, die sich nicht selbst als Element enthalten".

Abhandlung IX verfolgt das für einen naturwissenschaftlichen Unterricht, der die Fühlung mit dem sich „humanistisch" nennenden nicht verlieren oder sie wieder finden will, so überaus bedeutsame Thema bis in die Metaphysik und Kritik der Dinge an sich („Ein Ding, das unabhängig von der Art, wie wir es erkennen, [existiert oder] besteht, heißt ein Ding an sich"; S. 348) und bis zur Beziehung der Wissenschaft zur Religion.

Von der das vierte Heft und zugleich ein 27 Bogen starkes Buch bildenden Untersuchung Nelsons „Über das sogenannte Erkenntnisproblem" kann hier nur mitgeteilt werden, daß es die paradoxe These „Unmöglichkeit der Erkenntnistheorie" zum Gegenstand hat. Eine eingehende Besprechung werde ich in der „Zeitschrift für Philosophie und philosophische Kritik" geben. Hier nur so viel, daß unsere physikalischen Leser für einen großen Teil der internen Streitigkeiten zwischen den Philosophen seit Kant wenig Interesse haben dürften, sich aber eben deshalb durch jenes Paradoxon nicht um ihren Rest von Vertrauen auf Erkenntnislehre oder Erkenntnistheorie mögen bringen lassen. Denn was Nelson hier bekämpft, ist eigentlich nicht das, was man — unter Festhalten an der sonstigen Bedeutung des Wortes „Theorie" (wie in Elektrizitätstheorie, Theorie der homerischen Epen) — unter „Theorie der Erkenntnis" verstehen möchte, nämlich systematische Beschreibung und Erklärung der Erkenntnistatsachen als solcher; sondern Nelson bekämpft — und dies auch nach meiner Ansicht mit Recht — alle hyperkritischen Versuche, die „objektive Gültigkeit der Erkenntnis" sozusagen von außen her noch tiefer fundieren zu wollen, als es die einzelnen Wissenschaften nach bestem Wissen und Gewissen schon selber tun. — Ist das aber nicht Wasser auf die Mühle z. B. solcher Physiker, die in ihrer physikalischen Arbeit durch keinerlei Erkenntnistheorie irre gemacht oder sonst aufgehalten sein wollen? Gewiß, soweit die physikalische Facharbeit als solche freilich nicht Raum und Zeit läßt zu einer dilettierenden Beschäftigung mit unreifen erkenntnistheoretischen Reflexionen über das eigene Tun, über die physikalische Erkenntnis**praxis**. Warum sollte es aber daneben nicht Leute geben, die gerade für diese physikalische Erkenntnispraxis, für das kunstreiche Ineinandergreifen zahlreicher Erkenntnisvorgänge, deren Artikulation man gewiß ebensowenig auf den ersten Blick und Griff weg hat, wie z. B. die Artikulation des Gehirnbaues —, warum sollte es nicht Leute geben, die für diese und jede andere als fruchtbar bewährte Erkenntnispraxis sich ebenso aufrichtig und kräftig interessieren, wie z. B. der Elektrotechniker für die Artikulation eines Motors und der Physiker überhaupt für die Artikulation der physischen Phänomene und was etwa hinter den Phänomenen an Atom- und Elektronenbewegungen stecken mag, sich interessiert? Hier also nur soviel zur Beruhigung, daß Nelson die „Unmöglichkeit" einer solchen „Erkenntnis**theorie**" nichts weniger als bewiesen hat, vielmehr gerade zu ihr zahlreiche scharfsinnige Beiträge liefert. —

Wie oben bemerkt, wurde mir gleichzeitig mit den hiermit angezeigten Abhandlungen der Friesschen Schule auch Simons „Didaktik des mathematischen Unterrichtes" [1]) zu einer kurzen Berichterstattung in dieser Zeitschrift zugewiesen; also ein mit jenen Abhandlungen scheinbar in keinerlei Zusammenhang stehendes Buch. Aber Simon ließ bald darauf ein Büchlein als „Erweiterung

[1]) Simon, Dr. Max, Oberlehrer am Lyzeum in Straßburg, Honorarprofessor der Kgl. Wilhelms-Universität, „Didaktik und Methodik des Rechnens und der Mathematik", zweite umgearbeitete und vermehrte Auflage, Sonderausgabe aus Dr. A. Baumeisters „Handbuch der Erziehungs- und Unterrichtslehre für höhere Schulen". C. H. Beck, München 1908.

der Einleitung in die Didaktik“[1]) erscheinen, in welchem die Erweiterung wesentlich nach der philosophischen Richtung geht, und zwar als ein geradezu begeistert zu nennendes Bekenntnis zur Schule Cohen. Schon die „Didaktik“ sagt (S. 2): „H. Cohen hat in seiner „Logik der reinen Erkenntnis“ von 1902, welche seit Kant und Bolzano die bedeutendste Philosophie der Mathematik enthält, darauf hingewiesen, daß auch bei Aristoteles die Kategorie Quantität der Frage: wie viel? und nicht der Frage: wie groß? entspricht.“ In der „Erweiterung“ (S. 4) sagt er: „Ohne mich mit den Resultaten des Cohenschen Buches zu identifizieren, stelle ich es schon deshalb außerordentlich hoch, weil es mit eiserner Konsequenz die reine Erkenntnis möglichst von aller Psychologie der Zahl- und Raumbegriffe und damit von sinnlichen, anschaulichen Bestandteilen säubert.“ — Wird nun hieran gerade der Lehrer der Physik Freude haben — und gar wenn Cohen sich so merkwürdige Äußerungen über Thermometer und Barometer leistet, wie sie oben angeführt wurden? Natürlich hat vorliegende Anzeige weder den Zweck, gegen Cohen noch gegen Simons Schrift etwa von vornherein einzunehmen, wohl aber den, die Leser dieser Schrift zu orientieren, auf wie viele Richtungen innerhalb der Grenzgebiete der Physik, zu denen als besonders naheliegend die Mathematik und die Philosophie gehören, es Acht zu haben gilt. Speziell die Beziehung einer Didaktik der Mathematik und ihrer philosophischen Grundlagen zu der uns hier angehenden Didaktik der Physik macht zur dringendsten Frage die, wie sich Simon zum Verlangen des physikalischen Unterrichtes nach einer für ihn möglichst **anwendbaren** Mathematik verhalte. Und da darf und muß wohl darauf hingewiesen werden, daß Simon sich gegen die von der Unterrichtskommission der Naturforscherversammlung aufgestellte Forderung einer allen sinnlichen, anschaulichen Bestandteilen möglichst nahebleibenden Mathematik der Hauptsache nach ablehnend verhält. Er hat es auf dem Internationalen Mathematikerkongreß, Rom 1908, durch die Anwendung der Lessingschen Formel: „Das Neue nicht gut, das Gute nicht neu“ in doch wohl allzu summarischer Weise getan. Auf die mathematisch-didaktischen Einzelheiten (z. B. das Eintreten Simons für Cohens Auffassung des Unendlichkleinen, die Hessenberg als völlig antiquiert nachzuweisen sucht, a. a. O. S. 142—146 ff.) einzugehen, ist mir nicht nur dadurch verwehrt, weil dies schon aus dem Rahmen dieser Zeitschrift fiele, sondern auch dadurch, daß von mir selbst eine Didaktik des mathematischen Unterrichtes unter der Presse ist. Wohl aber sei es gestattet, noch einmal eine Berichtigung zur Geschichte der Psychologie und Relationstheorie aus nächster persönlicher Erinnerung hier festzuhalten: Der von Simon mit schöner Pietät wiederholt zitierte Benno Kerry (Kohn) hat die wesentlichsten der von Simon beifällig angeführten und verwendeten philosophischen Leitbegriffe, so den der „psychischen Arbeit“, in mehrjährigen Gesprächen zu Anfang der 80er Jahre (ich hatte damals Kerry auf sein Straßburger Rigorosum aus höherer Mathematik vorbereitet) von mir empfangen. Namentlich für den Begriff des „indirekten Vorstellens“ und seine heute schon Gemeingut gewordene Zurückführung auf die Relationen habe ich Kerry hingewiesen auf Meinongs 1882 in den Sitzungsberichten der Wiener Akademie erschienene Relationstheorie. Auf diese Quelle müßte also auch Simon fortab als auf die ursprüngliche des für alle Mathematik so unvergleichlich wichtigen und fruchtbaren Begriffes des indirekten, relativen Vorstellens hinweisen. Entwickelt doch Simon eine stupende Gelehrsamkeit in allem, was gerade das Historische zur Mathematik und einschlägigen Philosophie betrifft. — Trennt uns also auch manches im Mathematisch-Didaktischen wie im Mathematisch-Philosophischen, so mache ich aber doch rückhaltlos den Wunsch der Schlußworte dieser zweiten Auflage zu dem meinigen: „Und somit übergebe ich diese zweite Auflage, das Ergebnis vierzigjähriger Lehrtätigkeit und einer Arbeitszeit, welche die Anhänger des Achtstundentages mit Abscheu erfüllen würde, dem Wohlwollen der Kollegen.“ *A. Höfler.*

[1]) Simon, Dr. Max, „Über Mathematik. Erweiterung der Einleitung in die Didaktik“; Philos. Arbeiten, herausgegeben von Cohen und Natorp, II. Bd., 1. Heft. Gießen 1908.

Theorie und Hypothese im physikalischen Unterricht.[1]) „Es ist erstaunlich, wie unklar oft die Bedeutung der wichtigsten physikalischen Begriffe in den Köpfen derer ist, die doch auf eine gute naturwissenschaftliche

[1]) Gruner P., a. o. Prof. der Physik in Bern, Über die Verwertung von Theorien und Hypothesen im physikalischen Unterricht. (Monatshefte für den naturwissenschaftlichen Unterricht aller Schulgattungen. B. G. Teubner, 1908.)

Bildung Anspruch machen dürften. — Wenn etwa ein Kandidat gefragt wird, was er unter Licht verstehe, so gibt er meistens die apodiktische Antwort: „Das Licht ist eine Ätherschwingung“, und auf die weitere Frage, was denn der Äther sei, heißt es gewöhnlich: „Der Äther ist eine äußerst feine, den ganzen Raum erfüllende Substanz“ — und dabei ist der Examinand überzeugt. eine unumstößliche Tatsache auszusprechen. Von einer auch nur angenäherten Unterscheidung dessen, was einerseits feststehendes empirisches Resultat, andererseits bloß theoretische Konsequenz oder endlich gar reine Hypothese ist, ist in der Regel nichts zu merken.“

Wer möchte leugnen, daß hier ein Zustand richtig geschildert ist, an dem sich wieder erkennen läßt, wie oft und leicht der physikalische Unterricht, statt den Schüler durch die Physik logisch zu schulen, die gesunden logischen Instinkte geradezu schädigt. Aber zugleich eine Zwischenfrage: Fängt in dem angeführten Beispiel die Unlogik erst beim Kandidaten an oder nicht vielmehr schon beim Prüfer? Wer heißt diesen überhaupt fragen, was der Physikschüler „unter Licht verstehe“? Die Frage steht didaktisch höchstens auf gleicher Höhe mit dem landläufigen: „Was wissen Sie von Ägypten?“ — „Was wissen Sie von der Schwefelsäure?“ Rein wissenschaftlich aber steht sie noch tief unter solchen Gemeinplätzen; denn von den richtigen Antworten „Unter Licht im eigentlichen (gegenstandstheoretischen — ungenau: psychologischen) Sinne verstehe ich den Gegenstand einer Lichtempfindung“ und „Unter Licht im übertragenen Sinne verstehe ich den physikalischen Erreger einer Lichtempfindung, und dieser Erreger ist nach den gegenwärtigen für mehr oder minder wahrscheinlich gehaltenen Lichttheorien und Hypothesen sehr wahrscheinlich eine Schwingung (viel wahrscheinlicher eine elektromagnetische als eine elastische)“ — von solchen „weitschweifigen“ Antworten läßt sich ja der physikalische Prüfer kaum selbst was träumen. Doch dies nur ganz nebenbei; denn schon der Schein einer Zumutung, man sollte sogar schon für das hausbackene Physikprüfen erkenntnistheoretisch nicht ganz unbelehrt sein, brächte viele Physiker und Physiklehrer noch vollends gegen die Erkenntnislehre auf.

Der Verfasser teilt solche Bedenken freilich nicht, sondern tritt kräftig für ein Anbahnen erkenntnistheoretischer Gedanken sogar schon bei den Anfängern selbst ein: „Es scheint uns, daß jedem Physikkursus einige einleitende Worte vorangehen [?] sollten, die den Schüler über das Ziel, über die Grundlagen und über die Methoden der physikalischen Forschung genau orientieren. Sollte es aus didaktischen Gründen unpassend erscheinen, diese Punkte als Einleitung zu besprechen [so erschiene es auch dem Referenten], so könnten sie wenigstens als abschließendes Gesamtergebnis gebracht werden [oder nach der Meinung des Ref. noch wirksamer, wenn sie geduldig bei jeder passenden Gelegenheit mit dem physikalischen Unterricht organisch verbunden werden]. Aber gar nicht davon zu reden und die großartigen Fragen, die sich hier darbieten, einfach ignorieren, das ist gewiß in unserer heutigen, wieder mehr philosophisch veranlagten Zeit nicht statthaft.“

Von den zwei Abteilungen: I. Ziel und Grundlagen und II. Methode dürfte letztere die wertvollere sein, und besonders wertvoll das ins Einzelne durchgeführte Beispiel des Reflexionsgesetzes (S. 25). Hier wird gezeigt, daß schon „die Aufstellung eines physikalischen Gesetzes ein hypothetischer Akt ist“, nämlich „eine Erweiterung bestimmter empirischer Resultate“. [Als ich dieselbe, wie mir scheint unwidersprechliche Ansicht im logischen Anhang zu meiner Physik (große Ausgabe S. 776) dadurch erläuterte, daß die einzelnen Beobachtungen beim Fallgesetz, graphisch gesprochen, immer nur einzelne Punkte der Kurve liefern können und somit das Verbinden dieser Punkte durch eine Kurve von der einfachen Formel $y = x^2$ oder $s = at^2$ schon nur einen von den unendlich vielen möglichen anderen Kurvenzügen, d. h. Ergänzungen der einzelnen Beobachtungen zu einem zusammenhängenden Gesetz, darstellen, wurde dieser meiner Auffassung von befreundeter physikalischer Seite beharrlich widersprochen.] Dem Aufstellen einer Hypothese in diesem Sinne läßt dann der Verfasser das Festlegen von Definitionen folgen; in seinem Beispiele für die beiden Begriffe Spiegel und Strahl, deren strengen Definitionen sich ebenso große als lehrreiche Schwierigkeiten entgegenstellen. Das Dritte ist schließlich die Ausführung der „reinen Theorie“. Diese wird beschrieben als ein „bloßes Gedankensystem, sie ist als solches immer richtig [?]; denn sie muß logisch korrekt aufgebaut sein, sie kann also nichts anderes sein als der richtige Ausbau der vorgelegten Grundannahmen“. Von der reinen Theorie (so „definieren wir jeden logisch korrekten Ausbau irgendwelcher scharf definierter Grundannahmen“) unterscheidet

der Verfasser die „allgemeine Theorie" (so „definieren wir die logische Ausarbeitung einer Anzahl gegebener empirischer Tatsachen"). Würde man aber hier nicht eher die Bezeichnung „spezielle Theorie" erwarten, anstatt „allgemeiner"? Doch viel wichtiger ist, daß wieder das scharfe Auseinanderhalten zweier Arten von Theorien, einer auf empirische Tatsachen, einer auf bloße „Annahmen" gerichteten, durchaus zusammenstimmt mit der erkenntnistheoretisch grundlegenden Unterscheidung zwischen empirischer und apriorischer (gegenstandstheoretischer) Betrachtungsweise; und dieses Zusammenstimmen ist für den Erkenntnistheoretiker eine um so willkommenere Bestätigung, als sie sich dem Verfasser ganz aus der physikalischen Erkenntnispraxis, ohne philosophische Voreingenommenheit oder Vorkenntnis, aufgedrängt hat.

Gegen manche Sätze des ersten Teiles wären Einwendungen zu erheben. Z. B.: „Im physikalischen Unterricht werden wir immer von jenen drei Grundbegriffen: Raum, Zeit und *Substanz* (deren nähere Qualifizierung als Materie oder als Energie [?] vorerst freigestellt bleibt) ausgehen müssen." Hier ist „Substanz" in einem Sinne verwendet, der die vom Verfasser aufgestellte „Warnungstafel: „„Achtung vor Metaphysik!"" nicht genügend beachtet. Raum und Zeit sind phänomenal, Substanz schon kategorial. [In meiner Physik habe ich neben Raum und Zeit als „drittes Grundphänomen der Mechanik" die Spannung genannt.] Ähnlich unbefriedigend sind die Sätze: „Der Kraft*begriff* ist nur eine bestimmte Formulierung des Kausal*gesetzes*; anstatt von der Ursache einer Bewegung oder sonstigen physikalischen Veränderung zu reden, sprechen wir von einer „Kraft", die diese Erscheinung erzeugt. Der metaphysische Begriff der Ursache ist damit durch das anschaulichere, anthropomorphe Bild einer Kraft ersetzt." Aber ist für das $p = mg$ alles Anthropomorphe mehr als ein leicht abzuziehendes Kleid?

So müßte nach dem Gefühl des Referenten das für jeden Lehrer anregende Material der vorliegenden Abhandlung erst noch einmal einer durchgängigen erkenntnistheoretischen Sichtung unterzogen werden, damit auch schon die angeregten Fragen nicht als zum Teil wenigstens philosophisch ein wenig schief gestellt an den Schüler herantreten. *A. Höfler.*

4. Unterricht und Methode.

Beschränkung des Unterrichtsstoffes zugunsten intensiverer Schulung im physikalischen Denken. Über dieses Thema hat Direktor F. Bohnert auf der Pfingstversammlung des Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts in Göttingen 1908 einen Bericht erstattet. Wir verweisen bezüglich des Wortlauts des Berichts auf den Abdruck in den „Unterrichtsblättern für Mathematik und Naturwissenschaften" 1908, Nr. 5, und heben hier nur die Hauptpunkte heraus. Der Vortragende erklärte: „Eine Beschränkung des physikalischen Lehrstoffs zugunsten einer tiefer eindringenden, durch spezifische Mittel allgemeinbildend wirkenden Behandlung der Physik ist notwendig" (*Leitsatz 1*). „Deshalb muß in jedem Konflikt zwischen der Fülle des zu bewältigenden Stoffes und der Gründlichkeit seiner Ausnutzung die Beschränkung des ersteren zugunsten des letzteren eintreten" (*Leitsatz 2*). Die Stoffauswahl soll vermitteln: „eine qualitative und quantitative Kenntnis wichtiger Naturerscheinungen und Gesetze auf Grund eigener Beobachtungserfahrungen; einen Einblick in die wissenschaftliche Arbeitsmethode der Naturwissenschaften, in die Art ihrer Begriffsbildung, ihrer Schlußweisen, ihrer letzten und allgemeinen Prinzipien; eine historische Darstellung der Entwicklung von Vorstellungen, die gestaltend auf die Weltanschauung oder auf die Lebensführung der Kulturvölker gewirkt haben (hierher gehört auch eine Berücksichtigung der Erfolge der Technik); endlich eine Darbietung von Problemen erkenntnistheoretischer Bedeutung (Grenzen und Bedingtheit unserer Naturerkenntnis").

Die Frage, ob eine Trennung des Unterrichts in Oberstufe und Unterstufe notwendig sei, wird bejaht, aus äußeren sowohl wie aus inneren Gründen; in letzterer Hinsicht wird namentlich darauf hingewiesen, daß bei physikalischen Erscheinungen fast stets mehrere, den Verlauf bedingende Faktoren auftreten, deren sichere Unterscheidung eine vorherige propädeutische Behandlung voraussetzt und notwendig macht. Selbst die auf Beschränkung des Stoffs abzielende Unterstufe der Naturlehre von Poske enthalte indessen noch zu viel Stoff. Man müsse sich mit der Tatsache vertraut machen, daß es nicht möglich sei, auf der Unterstufe einen Überblick über die Physik zu geben, ohne

den Schüler zu Oberflächlichkeit und bloßem Wortwissen zu verleiten; es könne sich nur darum handeln, die eigenartigen erzieherischen Wirkungen der naturwissenschaftlichen Arbeitsmethode an wohlausgewählten Beispielen zur Geltung zu bringen. Für die Art der Beschränkung auf der Unterstufe böte der neue bayrische Lehrplan für Oberrealschulen (d. Zeitschr. 20, 331 ff.) „ein anerkennenswertes Beispiel" (*Leitsatz 3*). Charakteristisch für diesen Plan sei die obligatorische Einführung von Schülerübungen schon auf der Unterstufe; eine solche Einfügung von verbindlichen, in organischer Verbindung mit dem Unterricht stehenden, in die lehrplanmäßige Unterrichtszeit fallenden Schülerübungen sei in Hamburg an der Oberrealschule vor dem Holstentore seit Ostern 1905 verwirklicht. Auch die Einführung dieser Übungen zwinge dazu, den Unterrichtsstoff einzuschränken; der Umfang der Kenntnisse werde bei einem solchen Unterrichtsbetrieb abnehmen, aber die Wertschätzung dieser Kenntnisse und das Verständnis für physikalische Vorgänge werde zunehmen.

Auf der Oberstufe kann die Beschränkung erreicht werden „a) durch Ausschaltung desjenigen Stoffes, dessen Behandlung mehr eine mathematische Übung als einen Zuwachs an physikalischer Einsicht bedeutet; b) durch Ausschaltung ganzer Abschnitte, die zwar an sich wichtig, aber nicht Grundträger der Einheitlichkeit physikalischer Anschauung sind; c) durch eine „rein" physikalische, knappe Behandlung des Stoffes, die sich in den Anwendungen mit dem Hinweis auf das dieselben beherrschende physikalische Prinzip begnügt" (*Leitsatz 4*). Im besonderen nennt der Vortragende als solche Abschnitte, von denen der eine oder andere wegbleiben könnte, aus der Wärmelehre die Wärmestrahlung, Wärmeleitung und Wärmeströmung, die Verflüssigung der Gase, die meteorologischen Erscheinungen; aus der Optik möge man einmal die Linseninstrumente fortlassen, ein anderes Mal die Photometrie und die Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit. Im Galvanismus könne man bei einer Generation das Eingehen auf die Entwicklung der Dynamomaschine, bei einer anderen die praktischen Verwendungen der chemischen Stromwirkung (abgesehen von den Akkumulatoren) vermeiden, ferner die Hydromechanik bis auf Druckfortpflanzung, Auftrieb und kommunizierende Röhren. Zur Diskussion stellt der Vortragende auch, ob man nicht unter Umständen auf die Behandlung der gesamten Wellenlehre oder auf die der Zentralbewegung und alles dessen, was sich an diese Lehre anschließt, verzichten dürfe. Die unter c) aufgestellte Forderung wird durch Beispiele aus der Behandlung der Dynamomaschine und der Dampfmaschine erläutert.

Als Gegengewicht gegen solche Knappheit wird „die monographische eingehende Behandlung weniger ausgewählter Abschnitte auf jeder Klassenstufe" für notwendig erklärt (*Leitsatz 5*). „Die Auswahl und Behandlung dieser Abschnitte ist so zu treffen, daß die spezifischen Wirkungen des physikalischen Unterrichts: „Entwicklung der Fähigkeit zum Beobachten und Schließen, Einblick in den Wert naturwissenschaftlicher Arbeitsmethode, Einsicht in die Bedeutung naturwissenschaftlicher Erkenntnis für Weltanschauung und Kulturleben, Verständnis für den Werdegang und die Grenzen dieser Erkenntnis" sämtlich zur Geltung kommen" (*Leitsatz 6*). So wird z. B. für Obersekunda die Bestimmung des spezifischen Gewichts von festen, flüssigen und gasförmigen Körpern empfohlen, wobei die Zuverlässigkeit physikalischer Meßmethoden geprüft und in helles Licht gesetzt werden kann; oder die Erforschung der qualitativen Gesetze der Wärmestrahlung durch eine Reihe sicherer Versuche mit Loosers Thermoskop; für Unterprima das Thema der Beleuchtungsmittel in technischer und photometrischer Hinsicht, oder die Erscheinungen der physiologischen Optik mit Rücksicht auf die daran anschließenden psychologischen Probleme. Für Oberprima wird eine historische Darstellung der Entwicklung unserer Ansicht vom Weltgebäude im Anschluß an die Lehre von der Zentralbewegung empfohlen. Als weitere Gebiete für die experimentelle Behandlung durch den Schüler selbst werden genannt: der Strahlengang des Lichtes durch Platten und Prismen (Stecknadelversuche), elektrischer Widerstand, Kraftlinienbilder; mehr für die Behandlung durch den Lehrer eignen sich: Spektralerscheinungen, Wechselwirkungen von Magneten und Strömen auf Grund der Kraftlinienbilder. Von technischen Gegenständen werden erwähnt: Vergleich von Dampfmaschine mit Heißluftmaschine, Gasmotor und Turbine, die Dynamomaschine als Stromerzeuger und Motor, die stromanzeigenden elektrischen Instrumente. Zu historischer Behandlung fordern die Lehre vom Luftdruck, die Verflüssigung der Gase, das mechanische Wärmeäquivalent auf. Philosophisch fruchtbar könne der Satz von den Umwandlungen der Energie gemacht werden,

wenn man die umkehrbaren und nicht umkehrbaren Prozesse hinzunehme, ferner die Grundlagen des absoluten Maßsystems; die Entwicklung des Beharrungsgesetzes sei ein Paradebeispiel logischer Abstraktion. —

„Zur Erreichung aller bezeichneten Ziele sind neben theoretischem und Demonstrationsunterricht Schülerübungen notwendig. Dieselben müssen an bestimmten Stellen das Fundament des Unterrichts bilden, können an anderen Stellen zurücktreten und vertragen eher auf der Oberstufe als auf der Unterstufe eine Beschränkung“ (*Leitsatz* 7). Hierzu führt der Vortragende aus, daß der Vorschlag von H. Hahn, gelegentlich bei diesen Übungen das sogenannte Verfahren des allseitigen Angriffs anzuwenden (*d. Zeitschr. 21*, 73—79), „verkehrt“ und „ein Mißgriff“ sei[1]). Denn „entweder ist die Durcharbeitung einer Frage so wichtig, daß eine Schülerübung nötig ist, dann sollen alle Schüler sich ihr unterziehen, oder es genügt eine Demonstration, und dann macht sie besser der Lehrer, indem alle Schüler ihm zuschauen, als daß die Schüler genötigt sind, sie beiläufig in den Nachbargruppen zu erhaschen“. —

Wir behalten uns eine eingehende Erörterung der von dem Vortragenden behandelten wichtigen Fragen für eine andere Gelegenheit vor und beschränken uns darauf, einige bemerkenswerte Einzelheiten aus der an den Vortrag angeschlossenen Diskussion hervorzuheben.

In der Lehrbuchfrage wurde von mehreren Seiten (Götting, Grimsehl, Heyne, Poske) betont, daß der Stoff des Lehrbuchs nicht in dem Maße eingeschränkt werden dürfe, wie dies für den Unterricht unter Umständen unumgänglich sei; das Lehrbuch müsse insofern vollständig sein, als es alles zu enthalten habe, was aus sachlichen und methodischen Gründen geeignet sei, in der Schule behandelt zu werden; anderenfalls sei eine allzu große Gebundenheit für den Lehrer zu fürchten. Von anderer Seite (Noack, Bode) wird davor gewarnt, dem Lehrer bzw. dem Lehrerkollegium eine zu weitgehende Freiheit der Auswahl zu lassen; es empfehle sich vielmehr, einen Kanon derjenigen Tatsachen und Gebiete aufzustellen, die für die einzelnen Schulgattungen das Mindestmaß der in allen Fällen zu erwerbenden positiven Kenntnisse umfassen. — Riecke (Göttingen) ist dafür, dem Schüler wenig, aber das Wenige gründlich zu geben. Die Hochschule dagegen müsse dem Schüler etwas anderes bieten, als was er auf der Schule schon gehabt habe; der experimentelle Vortrag sei zu verbinden mit einer propädeutischen Behandlung der theoretischen Physik, und dabei sei Differential- und Integralrechnung anzuwenden, wo es nur gehe. Das Hörermaterial auf der Hochschule sei noch zu verschieden; der Schulunterricht müsse so weit gefördert werden, daß den Medizinern das Hören der Physik an der Hochschule erlassen werden könnte. — Poske führt aus, daß „physikalisches Denken“ auch die Fähigkeit bezeichne, physikalische Anschauungen, Begriffe und Gesetze auf die Wirklichkeit anzuwenden; dazu gehöre zweifellos eine gewisse Vollständigkeit der physikalischen Kenntnisse, oder kurz gesagt: physikalisches Wissen. Die Erwerbung dieses Wissens scheine ihm in Bohnerts Vorschlägen zu sehr zugunsten einer mehr methodischen Schulung zurückgedrängt zu sein. So dürfen auf der Oberstufe so wichtige Gebiete wie die Wellenlehre oder die Lehre von der Wärmestrahlung nicht ausfallen, denn ohne Kenntnisse hiervon sei eine einheitliche Naturauffassung unmöglich; auch die Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit sei nötig, da sie mit großen kosmischen Gesamtanschauungen verknüpft sei. Dies beweise, daß das von Bohnert aufgestellte Prinzip nicht als zureichendes Kriterium für die Entbehrlichkeit

[1]) Der Vortragende glaubt sich zu so scharfen Ausdrücken berechtigt, weil H. Hahn in dem angeführten Aufsatz einige kritische Bemerkungen von nicht annähernd ähnlicher Schärfe gemacht hat. Ist es wirklich ein so schwerer Vorwurf, wenn Hahn den Anhängern der „regellosen Arbeitsweise“ nachsagt (a. a. O. S. 74), sie hätten gar nicht erkannt, daß auf der Hochschule und auf der Schule die Fragestellung bei den Versuchen ganz verschieden ist? Geht nicht das Hauptbestreben in der Schülerübungsfrage gerade dahin, das Verfahren bei diesen Übungen von der Tradition der Hochschulpraktika unabhängig zu machen? Und ist es ferner einem Pfadsucher wie Hahn zu verdenken, wenn er (a. a. O. S. 76) in der Freude des Findens seine Lösung als die wahre Lösung der Aufgabe bezeichnet — wohlverstanden nicht der generellen Aufgabe, sondern der spezielleren, zwischen der „regellosen“ Arbeitsweise und dem Arbeiten in gleicher Front eine Zwischenform zu suchen, die gelegentlich eine raschere Durcharbeitung des Programms ermöglicht? Herr Bohnert hätte demgegenüber weniger empfindlich sein können, zumal er selbst gleich darauf zugibt, daß hier, wie auch sonst in der Physik, jede Methode ihre eigenen Vorzüge und ihr besonderes Anwendungsgebiet habe.

oder Unentbehrlichkeit einzelner Teile des Lehrstoffes brauchbar sei. Gebe man unbedingt und in jedem Falle der Gründlichkeit den Vorzug auf Kosten des Umfangs des Wissens, so liege die Gefahr nahe, daß der Unterricht in eine kleine Zahl von Spezialuntersuchungen auslaufe, die zwar auch in hohem Grade bildend sein könnten, bei denen aber die Einheitlichkeit des Weltbildes verloren gehe. Auch Leitsatz 6 enthalte nur formale, im wesentlichen die Erkenntnisgewinnung betreffende Prinzipien; es fehlen die beiden materialen Prinzipe, daß es einerseits auf ein klares und sicheres Wissen von den physikalischen Dingen ankommt, und daß andererseits die Darlegung des einheitlichen Zusammenhangs der Gesamtheit der Naturerscheinungen, zunächst innerhalb des Gebietes der anorganischen Natur, eine Hauptaufgabe des Unterrichts bleiben muß. —

In der Abstimmung werden die Leitsätze 1, 2, 6 mit allen gegen sechs Stimmen angenommen, dazu noch der folgende, im Laufe der Diskussion von Bohnert vorgeschlagene Satz: „Die Durchführung dieser Gesichtspunkte im einzelnen steht im pflichtmäßigen Ermessen der Lehrerkonferenz. Die Veröffentlichung und Begründung der an den einzelnen Anstalten getroffenen Bestimmungen ist erwünscht.“

Im Anschluß an Leitsatz 7 erklärt Hahn, daß Schwalbe in Berlin schon 1892 die Schülerübungen auf der Unterstufe (U II M) eingeführt habe; diese Übungen seien nur dem Namen nach wahlfrei gewesen, schon im Winter 1892/93 hätten alle Schüler der Klasse daran teilgenommen, und seit 1901 würden sie durch Herkommen tatsächlich wie verbindliche Stunden gehandhabt. Empfehlenswerter als die monographische Behandlung sei die Zerlegung des Lehrstoffes in Problemreihen, eine der wichtigsten Aufgaben, die der Physikunterricht noch zu lösen habe. Bezüglich des Verfahrens des „allseitigen Angriffs“ bei den Schülerübungen sei die Verurteilung durch Herrn Bohnert jedenfalls verfrüht; man würde aus weiteren Veröffentlichungen klar ersehen, in welchen Fällen er das Verfahren anwende, und wo er selbst es für verwerflich halte. — B. Schmid (Zwickau) regt an, daß bezüglich der Grenzgebiete von Physik und Chemie (Elektrolyse, Osmose) eine Verständigung herbeigeführt werden möge. Der Chemiker und der Biologe sähen in der Physik eine Naturwissenschaft von zentraler Stellung, weil sie die allgemeinen Gesetze für alle Naturvorgänge aufstelle und allen naturwissenschaftlichen Fächern den inneren Zusammenhang gebe. Man könne daher auch von dem Physiker verlangen, daß er von seinem Standpunkt aus die Kenntnis dieser Grenzgebiete vorbereite. Aufgabe des Chemikers, Biologen usw. sei es dann, diese Kenntnis zu vertiefen und auf den einzelnen Fall anzuwenden. —

Schließlich werden die Leitsätze 3, 4, 5, 7 des Vortragenden als schätzenswerter Beitrag zur Lösung der behandelten Frage von der Versammlung anerkannt. *P.*

5. Technik und mechanische Praxis.

Das Flugmaschinenproblem und die bisherigen Schritte zu seiner Lösung[1]). Der Wunsch zu fliegen hat von alters in der Menschheit gelegen, und gleichwie die Sage von Dädalus und Ikarus berichtet, hat man auch später versucht, dies in Nachahmung der Natur durch künstliche Flügel zu ermöglichen, wie solche in äußerst sinnreicher Konstruktion u. a. von Leonardo da Vinci ersonnen worden sind. Eine Nachahmung der Natur ist aber nur möglich, wenn man die Natur selbst genau kennt, deshalb hat die Konstruktion solcher Flügelapparate die genaue Kenntnis des Vogelfluges zur Voraussetzung, die erst in neuerer Zeit Marey in Paris und O. Anschütz mit Hilfe der Augenblicksphotographie gelungen ist; dabei ergab sich, daß die Flügelspitzen im Fluge eine cykloidenförmige Schleifenbahn beschreiben, deren Rollkreisbasis oberhalb liegt, so daß die Flügel bei nach rechts führender Flugrichtung die Schleifen entgegen dem Uhrzeiger durchlaufen, in tiefster Lage also vorwärts gehen. Die bei Ruhe rückwärts gekrümmten Flügelspitzen erscheinen beim Fluge vorwärts gebogen, befinden sich also im Zustande einer Spannung, und zwar infolge des Niederschlagens, und indem diese als elastisch verschwindet, treibt sie den Vogel vorwärts (Buttenstedts Flugprinzip). Man erkennt, daß die Bewegung der Flügel eine wenig einfache, ihre Nachahmung durch eine rein mechanische Konstruktion demnach schwierig ist, und wenn man noch berücksichtigt, daß die Flügelschläge nicht unter sich gleich sein dürfen, sondern den Bewegungen der Luft Rechnung tragen müssen, kommt man unschwer zu der Überzeugung

[1]) Originalbericht. Nachdruck verboten.

der Unzweckmäßigkeit von Flügelfliegern, gleichgültig, ob man zu deren Bewegung Menschenkraft oder Motoren verwenden will.

Zu brauchbaren Flugapparaten gelangt man dagegen auf einem anderen, rein physikalischen Wege. Ein gewöhnlicher Drachen erhält durch Festgehaltenwerden mittelst einer Schnur eine Bewegung relativ zu der über die Erde streichenden Luft, mit der er ohne dies einfach treiben und dabei der Schwere folgend sinken würde; durch passende Schrägstellung der Drachenfläche zur Strömungsrichtung der Luft erreicht man, daß der Drachen gehoben bzw. in der Höhe gehalten wird. Wäre der Drachen frei, dann würde cet. par. dieselbe Hub- bzw. tragende Komponente vertikal aufwärts entstehen, wenn man ihm dieselbe Relativgeschwindigkeit gegenüber der Luft erteilen könnte wie vorher, d. h. wenn man ihn mit eigenem Antriebe versähe. Dazu muß aber der Drachen eine Umbildung erfahren, und bei deßbezüglichen Versuchen kam Hargrave auf seinen vielbenutzten Kastendrachen. Ein freier, nicht an die Erde gefesselter Motordrachen ist nun aber mannigfachen Einflüssen ausgesetzt, deren Einwirkung vorerst zu studieren ist, was am besten schrittweise bei anfangs geringen Geschwindigkeiten geschieht, und solche kann man schon erhalten, wenn, genügende Größe vorausgesetzt, eine Person den Drachen faßt und mit ihm einen Abhang hinab gegen den Wind läuft, bis sie sich getragen fühlt. Diese Methode wandte zuerst der Ingenieur Otto Lilienthal, der Vater der modernen Flugtechnik, mit Erfolg an. Er fand, daß für einen Menschen normalen Gewichtes $\sim$ 14 m² Tragfläche nötig sind, zerlegte dann zur Verbesserung der Stabilität und Regierbarkeit die Fläche in 2 übereinanderliegende, sog. Doppeldecker, und wollte gerade, durch jahrelange Versuche genügend vorbereitet, zum Motorflug übergehen, als er am 9. August 1896 tödlich verunglückte. Lilienthal ist der erste Mensch, der wirklich geflogen ist, in seine Fußtapfen traten P. S. Pilcher in England, der ebenso verunglückte, Ferber in Frankreich, Chanute & Herring in Amerika, aber ihre Versuchsergebnisse wurden weit überholt durch die Brüder Wilbur und Orville Wright aus Dayton (Ohio, U. S. A.), die ebenfalls ganz nach dem Muster Lilienthals vorgingen. Sie verwendeten von vornherein Doppeldecker mit gestreckt rechteckigen Tragflächen, auf deren unterer der Fahrer bäuchlings lag, brachten daran kleine Höhensteuer vorn und Seitensteuer hinten an, probierten die Apparate erst als Drachen am Kabel auf Stabilität, dann erst bestiegen sie sie selbst. Die Tragfläche wurde ständig vergrößert und betrug 1903, als sie einen Motor in den sonst unveränderten Apparat einbauten, 58 m²; damit war eine Flugmaschine wirklich geschaffen, deren Gesamtgewicht 273 kg betrug, aber die damit erhaltenen Ergebnisse wurden mit dem Schleier des Geheimnisses umgeben, und man erfuhr nur, daß die Wrights im September 1904 schon geschlossene Kurven fahren konnten und am 5. Oktober rund 40 km in 38 Min. 3 Sek, zurückgelegt hätten. Da sie den Apparat in Fahrt nur zeigen wollten, wenn man ihn vorher gekauft hätte, was die angegangenen Staatsbehörden natürlich sämtlich ablehnten, so blieben ihre wahren Leistungen immer noch problematisch, dafür traten aber in Frankreich namentlich H. Farman und Delagrange erfolgreich hervor, nachdem erst am 23. Oktober 1906 Santos Dumont den ersten einwandfreien Motorflug von 220 m ausgeführt hatte. Auch der Farmansche Flieger ist ein Doppeldecker, dem in der Mitte der unteren Fläche Fahrsitz, Motor mit Benzintank und dahinter die Schraube eingebaut sind; davor befindet sich das kleine Höhensteuer, das Seitensteuer dagegen, zwischen 2 kleinen Tragflächen angebracht, bildet eine Art Schwanz. Der Motor von Buchet leistet 50 PS., das Gesamtgewicht des Apparates beträgt 500 kg. Farmans bedeutendste Fahrten sind die vom 30. Mai 1908 über 1241 m in 7 m Höhe mit Archdeacon an Bord, also mit einem Passagier, und vom 30. Oktober 1908 von Chalons nach Rheims, 30 km in 17 Min., entsprechend 73 Stundenkilometer, in Höhe bis zu 50 m über Bäume, Ortschaften und Gehöfte; neben ihm hat Delagrange Erfolge zu verzeichnen, der am 30. Mai 1908 in Rom unter Kontrolle einen Flug von 12¾ km in 15 Min. 25 Sek. machte. Beide Apparate können überall auffliegen, da sie leichte gut gefederte Räder besitzen, auf denen sie nach Anstellen des Motors über den Boden laufen, bis durch Kompression der Druck der Luft gegen die Tragflächen gleich dem Gesamtgewichte geworden ist; ebenso können sie beim Herabkommen gut auslaufen. Inzwischen sind aber auch die Wrights aus ihrer Zurückhaltung herausgetreten und haben, Orville in Amerika, Wilbur in Frankreich, öffentlich zahlreiche Flüge unternommen. Orville erreichte am 9., 10., 11. und 13. September 1908 Flugzeiten von bzw. 57½ Min., 62 Min., 70 Min. und



74 Min., stürzte aber am 18. September bei einem Fluge zu zweien aus 75 Fuß Höhe ab, wobei er schwer verletzt, sein Begleiter getötet wurde. Wilbur legte am 16. September in Le Mans 40 km in 39½ Min., nach weiteren Flügen wachsender Dauer am 18. Dezember 1908 in 114 Min. (fast 2 Stunden) 99 km zurück, erreichte an demselben Tage, nachdem es ihm schon am 16. gelungen, bis 90 m aufzusteigen, 115 m Höhe und führte am 7. Oktober 1908 auch den bisher längsten Flug von 2 Personen aus, 86⅕ Min. (fast 1½ Std.), 70 km in 2÷25 m Höhe und am 31. Dez. 1908 allein einen solchen von **127 km in 144 Min.**, entsprechend etwa der Strecke Berlin—Magdeburg. Die Wrightsche Flugmaschine vermag nicht ohne weiteres überall aufzusteigen; sie hat zwei Schlittenkufen und wird auf einen kleinen zweirädrigen Wagen gesetzt, der auf Schienen läuft und mittelst eines fallenden Gewichtes bewegt wird, eine förmliche Startmaschine, die in neuerer Zeit entbehrlich geworden ist; den Antrieb liefern 2 Schrauben mit entgegengesetzter Drehung, hinten rechts und links, von denen eine mittelst einer gekreuzten Kette angetrieben wird (!), deren Mittelstrecken in Rohren geführt sind; der Unfall Orvilles ist auf das Vorhandensein zweier Propeller zurückzuführen, da nämlich der eine brach, und nun der andere weiterarbeitend den Flieger umkippte. Neben den Mehrdeckern baute man auch Eindecker, Monoplane, wie z. B. die von Vuia und von Blériot, welch letzterer am 31. Oktober 1908 einen freien Rundflug von 25 km ausgeführt hat.

Haben die Drachenflieger bewundernswerte Erfolge aufzuweisen, so gibt es doch noch andere Typen, die auch schon gebaut, aber noch nicht hinreichend geprüft sind. Wie die Lenkballons und Gleitboote, auch die Flieger zeigen, vermag man sich in der Luft vermittelst Schrauben wagerecht fortzubewegen, warum also nicht auch in vertikaler Richtung; dann brauchte man eigentlich keine Tragflächen mehr. Diese Überlegung führt zu den Schraubenfliegern, welche an das bekannte Spielzeug des Schraubenkreisels anknüpfen. Würde man einen Motor einfach in ein leichtes Gestell bauen und ihn eine große wagerechte Luftschraube drehen lassen, so würden einfach Motor und Schraube sich gegeneinander, dem der Drehung entgegenstehenden Widerstande entsprechend, drehen, aber von einem Emporsteigen nichts zu merken sein, sondern dies erst dann, wenn man am Gestell große radiale Widerstandsflächen anbrächte. Ein solcher Einschraubenflieger ist die Flugmaschine von Ganswindt, besser dagegen ist es, zwei wieder gegenläufige Hubschrauben zu benutzen; zur Fortbewegung kann man dann eine dritte besondere kleinere Treibschraube benutzen, oder man kann auch die Achsen der Hubschrauben nach vorne neigen. Solche Apparate bieten aber viel größere Gefahren als die Drachenflieger, da sie nicht wie diese bei plötzlichem Aufhören der Motortätigkeit wie Fallschirme herabgleiten können; will man dies haben, dann muß man besondere Flächen zu diesem Zwecke anbringen. Schraubenflieger oder „Helikopteren“ sind mehrfach gebaut, so u. a. noch von Dufaux, in neuerer Zeit von Bertin, letzterer mit 2 zweiflügeligen Hubschrauben von 2,8 m Durchmesser und 2500 U. i. d. Min. und einer zweiflügeligen Treibschraube von ∼ 2,0 m Durchmesser und 2500 U. i. d. Min., getrieben von einem 150 PS = 8 Zylindermotor von 1250 U.

Endlich sind noch die Schaufel- und Segelradflieger zu erwähnen. Erstere sind gewissermaßen Drachenflieger, welche durch seitliche Schaufelräder fortbewegt werden, deren Schaufeln selbsttätig mit ihrer Ebene jeweils beim Vorwärtsgang in der Fahrtrichtung, bei Rückgang quer dazu stehen, ganz entsprechend den Rädern mit sich verstellenden Schaufeln an Dampfschiffen. Bei den Segelradfliegern, deren Hauptverfechter Prof. Wellner in Brünn ist, dienen die mit ihrer Drehungsachse in der Fahrtrichtung seitlich des Flugschiffkörpers angeordneten Räder mit dementsprechend sehr breiten in schrägstehende Teilflächen zerlegten und ebenfalls bei der Drehung selbsttätig ihre Einstellung ändernden Schaufeln gleichzeitig zur Fortbewegung und zum Tragen des Ganzen. Versuche mit ausgeführten Apparaten dieser Art sind mir nicht bekannt und anscheinend auch bisher nicht angestellt.

Zusammenfassend muß man sagen, daß auch das früher ebenfalls für unlösbar gehaltene Problem der Flugmaschine in neuester Zeit seine Lösung wirklich gefunden hat, wenn auch für Verbesserungen und Vervollkommnungen noch ein weiter Spielraum bleibt; das Jahr 1908 bedeutet wie für die Luftschiffahrt so auch für die Flugmaschinentechnik einen Wendepunkt, da in ihm die ersten stundenlangen Flüge eines Einzelnen wie längere Flüge mit einem Passagier außer dem Fahrer in Flugapparaten **schwerer als die Luft** gelungen sind. *Biegon von Czudnochowski.*

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Die moderne Theorie der physikalischen Erscheinungen (Radioaktivität, Ionen, Elektronen). Von AUGUSTO RIGHI. Aus dem Italienischen übersetzt von B. Dessau. Zweite Auflage. Mit 21 Abbildungen. Leipzig, Johann Ambrosius Barth, 1908. 253 S. Geb. M 4,80.

Die Schrift, deren erste Auflage 1905 erschien (vgl. diese Zeitschr. 19, 129), ist in dieser zweiten beträchtlich erweitert, wie es der reißend schnelle Fortschritt auf dem behandelten Gebiet fordert. Den Umwandlungen der radioaktiven Atome ist diesmal ein besonderes, umfangreiches Kapitel gewidmet. Die Literatur ist mit 202 Nummern berücksichtigt; in Anbetracht der Schwierigkeit, aus der zerstreuten Literatur ein zusammenhängendes Bild der neueren Entdeckungen zu gewinnen, wird vielen die mit großer Sachkenntnis geschriebene Schrift willkommen sein. *P.*

Physikalische Musiklehre. Eine Einführung in das Wesen und die Bildung der Töne in der Instrumentalmusik und im Gesang. Von Dr. Hermann Starke, a. o. Professor an der Universität Greifswald. Leipzig, Quelle & Meyer, 1908. 232 S. M 3,80; geb. M 4,20.

Das Buch erfüllt seinen im Titel angegebenen Zweck auf das trefflichste, es ist in einer leicht verständlichen Sprache geschrieben und behandelt die musikalische Seite der Akustik ausführlicher, als es in rein physikalischen Büchern zu geschehen pflegt. Die neueren Kontroversen über Konsonanz und Dissonanz werden recht klar dargelegt und zumeist zugunsten der Helmholtzschen Auffassung entschieden; in der Frage der Stumpfschen Tonverschmelzung enthält der Verfasser sich des abschließenden Urteils. Das Buch wird sicher auch vielen Physiklehrern willkommen sein. *P.*

Die Energie. Von Professor Dr. W. OSTWALD. (Wissen und Können. Sammlung von Einzelschriften aus reiner und angewandter Wissenschaft, herausgegeben von B. Weinstein, Bd. I.) 167 S. M 4,40.

Dies neue Unternehmen wird durch Ostwalds meisterhafte populäre Darstellung der Energielehre aufs glücklichste und glänzendste eröffnet. Auch wer diese Lehre genau kennt, wird die vorliegende Schrift mit Genuß lesen. Hingewiesen sei besonders auf die klare Behandlung des zweiten Hauptsatzes und des Entropiebegriffs. Den Schluß bilden drei Kapitel über „das Leben", „die geistigen Erscheinungen" und „soziologische Energetik". Hierzu wäre bei aller Anerkennung des geistvollen und anregenden Charakters dieser Abschnitte manches Bedenken vorzubringen, was aber über den Rahmen einer kurzen Anzeige hinausgeht. Und so mag es denn bei der Anerkennung sein Bewenden haben. *P.*

Der Werdegang einer Wissenschaft. Sieben gemeinverständliche Vorträge aus der Geschichte der Chemie. Von WILHELM OSTWALD. 2. vermehrte und verbesserte Auflage der „Leitlinien der Chemie". Leipzig, Akad. Verlagsgesellschaft m. b. H., 1908. 316 S.

Das Buch will mehr als einen Beitrag zur Geschichte der Chemie, es will zugleich einen solchen zur allgemeinen Wissenschaftsgeschichte liefern, insofern alle Wissenschaften den gleichen Gang bei der Ausgestaltung allgemeiner Begriffe einschlagen; dieser Gang wird vom Verfasser sehr treffend mit dem chemischen Prozeß der Reinigung eines Stoffes durch Umkristallisieren verglichen, wobei sich u. a. zeigt, daß die vollständige „Reinigung der Begriffe" ebenso unausführbar ist wie die Herstellung eines absolut reinen Stoffes. Ja selbst die allgemeinen Gesetzlichkeiten aller historischen Erscheinungen glaubt der Verfasser in diesem „Werdegang" der Chemie wiederzuerkennen. Die sieben Abschnitte behandeln: die Elemente, Verbindungsgewicht und Atome, Gasgesetze und Molekularhypothese, Isomerie und Konstitution, Elektrochemie, Affinität, chemische Dynamik. Es liegt auf der Hand, daß eine solche historische Betrachtungsweise auch für den Unterricht im höchsten Grade fruchtbar sein muß; das Buch sei daher insbesondere auch der Beachtung der Lehrer der Chemie empfohlen. Dieser zweiten Auflage ist ein Inhaltsverzeichnis und ein alphabetisches Register beigegeben; man wird nicht überrascht sein, in dem letzteren auch auf die Namen Kant, Schiller, Goethe, Kepler zu stoßen. *P.*

Unsere Weltinsel, ihr Werden und Vergehen. Von Dr. Johannes Riem. (Naturwissenschaftliche Zeitfragen, im Auftrage des Keplerbundes herausgegeben von Dr. E. Dennert, Heft 1.) Hamburg, Gustav Schloeßmann, 1908. 88 S. und 7 Tafeln. M 1,50.

Dieses Heft eröffnet eine Reihe von Schriften, durch die naturwissenschaftliche

Bildung in ausgesprochen antimonistischem Sinne verbreitet werden soll. Den Hauptinhalt des Heftes bilden kritische Erörterungen über die verschiedenen älteren und neueren Weltbildungshypothesen (Lockyer, Kant-Laplace, Moulton), aus denen der Laie nicht viel mehr als den Eindruck entnehmen wird, daß die Gelehrten über alle diese Hypothesen noch im Streit sind — und dies ist wohl auch die Absicht des Verfassers gewesen. Wieviel Positives gleichwohl über die Konstitution unserer „Weltinsel“ ausgemacht ist, tritt dahinter doch zu sehr zurück. Aus dem Entropiegesetz folgert der Verfasser, daß die Welt einen Anfang gehabt haben müsse, an dem der persönlich eingreifende Schöpfer die Materie mit der zugehörigen Menge Energie versah und ihrer Entwicklung eine bestimmte Richtung gab. Der wissenschaftlich Gebildete wird auch solche physikalische Einkleidungen der Schöpfungssage nur als anfechtbare Hypothesen erkennen, die nicht dazu helfen, uns dem unergründlichen Geheimnis des Weltursprungs näher zu bringen. Das Welträtsellösen sollte man den Monisten überlassen.

Die folgenden Hefte handeln von der „Welt des unendlich Kleinen“, von der „Grenze des Lebens“, vom „Bau der Knochen“; sie seien, da außerhalb des Rahmens der Zeitschrift fallend, hier nur erwähnt. Die Themata der in Aussicht genommenen späteren Hefte lassen eine Fülle anregender Betrachtungen erwarten. *P.*

Die Akkumulatoren. Eine gemeinfaßliche Darlegung ihrer Wirkungsweise, Leistung und Behandlung. Von Dr. Karl Ellis, Professor an an der Universität Gießen. 4. verbesserte und vermehrte Auflage. VI und 48 S. Leipzig, Joh. Ambrosius Barth, 1908. M 1,—.

Da wohl nirgends mehr im Unterricht Akkumulatoren fehlen, so wird das Schriftchen auch Leitern von Schulkabinetten, besonders wenn sie ihre Akkumulatoren selbst laden, von Nutzen sein können. *P.*

Vorschule der Experimentalphysik. Von Prof. Dr. Adolf F. Weinhold. Fünfte, verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 445 Textfiguren und 2 Tafeln in Farbendruck. Leipzig, Quandt u. Händel, 1907. 580 S. M 10,50.

Die neue Auflage des bewährten Buches ist durch eine ausführliche Anleitung zu einfachen Versuchen über Funkentelegraphie bereichert (S. 448—463), wobei für die Selbstanfertigung der Vorrichtungen genaue, wie stets in den Schriften des Verfassers sorgfältig durchgearbeitete Anweisungen gegeben sind. Einer erneuten Empfehlung bedarf das Buch nicht mehr. *P.*

Lehrbuch der Physik. Von O. D. Chwolson. IV. Band: Die Lehre von der Elektrizität, übersetzt von H. Pflaum. Erste Hälfte mit 336 Abbildungen. 915 S. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1908. M 16,—; geb. M 18,—.

In einer ausführlichen Einleitung setzt der Verfasser sich mit den Schwierigkeiten auseinander, die gerade der Darstellung dieses Gebietes im Wege stehen. Denn es handelt sich um drei „Bilder“, d. i. drei verschiedene Theorien, die man der Darstellung zugrunde legen kann, und von denen jede zurzeit für eine gewisse Reihe von Erscheinungen die wenigstens in didaktischer Hinsicht einfachste Behandlung ermöglicht. Es sind dies die Fernwirkungstheorie, die Maxwellsche Theorie und die Elektronentheorie. Der Verfasser stellt in den ersten Kapiteln des Bandes die beiden ersteren Theorien mehrfach einander gegenüber, ohne aber über die unbedingte Überlegenheit der zweiten einen Zweifel zu lassen. Die dritte Theorie kommt in diesem Teil, der nur das konstante elektrische und das konstante magnetische Feld (letzteres im weitesten Sinne) behandelt, noch wenig zu Worte. Sehr bemerkenswert auch im Hinblick auf den elementaren Unterricht ist, was der Verfasser (S. 214) nach eingehendster Besprechung der „Quellen“ des elektrischen Feldes sagt: „daß wir gegenwärtig über die Komponenten der elektromotorischen Kraft eines galvanischen Elementes e i n f a c h g a r n i c h t s w i s s e n, und daß es jetzt wie vor einem Jahrhundert fraglich bleibt, ob die Quelle für die Elektrizität in der Berührung der Metalle untereinander oder in der Berührung zwischen den Metallen und Elektrolyten zu suchen ist“. Auch dieser Band, der sich ebenso durch die Fülle des bewältigten Stoffes wie durch Übersichtlichkeit der Anordnung und Präzision der Darstellung auszeichnet, verdient den uneingeschränkten Dank und die Bewunderung der Fachwelt. *P.*

Physikalische Wandtafeln. Von L. Pfaundler. Erste Serie (12 Tafeln) in Mappe M 12,—, einzelne Tafeln M 1,50. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn, 1908.

Die Tafeln sind in erster Reihe für den Hochschulunterricht bestimmt und sollen namentlich solche Zeichnungen darbieten, die

nicht gut vom Vortragenden selbst in kurzer Zeit an der Tafel sich ausführen lassen. Ferner sollen Tabellen vorgeführt werden, die den Zuhörern längere Zeit vor Augen bleiben sollen. Diesem Zweck entsprechen Diapositive für Projektion nicht. Die vorliegende erste Serie enthält von Apparaten nur die zur Verflüssigung der Luft dienenden von v. Linde und Hampson und den klassischen Apparat von Regnault zur Bestimmung der latenten Dampfwärme, daneben Tabellen und Kurven zur Wärmelehre. *P.*

Die Technologie des Maschinentechnikers. Von Ing. Karl Meyer, Prof., Oberlehrer an den Kgl. Maschinenbauschulen Cöln. Berlin, Julius Springer, 1908. XI u. 311 S., 377 Abb. im Text. Geb. M 8,—.

Das vorliegende Buch behandelt, dem Gange der Fabrikation folgend: die Materialienkunde, Herstellung der Gußstücke, die der Schmiedestücke, die Bearbeitung der Guß- und Schmiedestücke, und gibt ein vortreffliches Bild der im modernen Maschinenbau verwendeten Arbeitsmethoden und Arbeitsmaschinen. Das als Unterrichtsbuch für höhere und niedere Maschinenbauschulen geschriebene Buch dürfte aber noch für weitere Kreise von Wert sein und sei den Lesern dieser Zeitschrift angelegentlichst zur Beachtung empfohlen. Zu bemerken ist, daß die nur kurz erwähnten Preßluftwerkzeuge mit Rücksicht auf ihre umfangreiche Verwendung doch eine Erläuterung verdient hätten, daß ferner auch der für die Herstellung von Dynamo Ankerblechen so wichtigen automatischen Stanzmaschinen hätte gedacht werden müssen. Die Abbildungen sind meist gut, nur wäre es wünschenswert, wenn bei Wiedergabe sehr detailreicher Gegenstände, wie in Fig. 317, von der Benutzung der ja bequemen und billigen Autotypie abgesehen würde. *B. v. Cz.*

Die Isoliermittel der Elektrotechnik. Von K. Wernicke. (Elektrotechnik in Einzeldarstellungen, Heft 10.) IX u. 184 S., 60 Abb. im Text und 1 Ausschlagtabelle. Geh. M 5,50; geb. M 6,—.

Die selbsttätige Regulierung der elektrischen Generatoren. Von Dr.-Ing. Friedrich Natalis. (Elektrotechnik in Einzeldarstellungen, Heft 11.) VIII u. 112 S., 75 Abb. im Text und auf 4 Tafeln. Geh. M 4,—; geb. M 4,50. Beide Bücher im Verlage von Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig, 1908.

Die vorliegenden Schriften sind beide die ersten deutschen Monographien über die genannten Gegenstände, von denen namentlich der erstere von sehr allgemeiner Bedeutung ist. Beide behandeln den Stoff sorgfältig, klar und eingehend, so sind z. B. in Abschnitt III des ersten Bändchens nicht weniger als 32 verschiedene Isoliermittel einzeln besprochen, woran sich noch ein Paragraph über imprägnierte Papiere und Gewebe sowie ein solcher über Öle schließt. Im zweiten Bändchen ist besonders den neuerdings entstandenen Schnellregulatoren sowie auch der mathematischen Behandlung der Regulierapparate Beachtung geschenkt. Beide Bändchen reihen sich in Inhalt und Ausstattung würdig den früher besprochenen dieser Reihe an. *B. v. Cz.*

Aufgaben und Lösungen aus dem Gebiete der Gleich- und Wechselstromtechnik. Ein Übungsbuch für den Unterricht in der Elektrotechnik an technischen Hoch- und Fachschulen sowie zum Selbststudium. Von H. Vieweger, Oberlehrer am Technikum Mittweida. Zweite vermehrte Auflage. Mittweida, R. Schulze, 1908. XV u. 269 S., 174 Abb. im Text, 2 Tafeln. Geb. M 5,50.

Die vorliegende zeigt gegenüber der früher besprochenen 1. Auflage (*16*, 249; 1903) verschiedene Abweichungen insofern, als Aufgaben aus dem Instrumenten-Bau eingeschaltet, die einzelnen §§ teilweise zweckmäßiger angeordnet, die Abschnitte: Berechnung von Gleichstrommaschinen, Transformatoren und Drehstrommotoren völlig neu bearbeitet, endlich allgemein auch die ( ) mit Zahlenwerten ausgefüllt wurden. Leider wird die allgemeine Brauchbarkeit des an sich vortrefflichen Buches auch in der neuen Gestalt erheblich durch die schon früher bemängelte, aber vom Verf. beibehaltene Bezeichnungsweise der in Frage kommenden Größen beeinträchtigt, bezüglich deren das früher Gesagte aufrechterhalten werden muß. Namentlich das Zeichen $\sim$ (gesprochen „Per") sollte verschwinden. *B. v. Cz.*

Die neueren Forschungen auf dem Gebiete der Elektrizität und ihre Anwendungen. Gemeinverständlich dargestellt von Prof. Dr. A. Kalähne (Danzig) Leipzig, Quelle & Meyer, 1908. VIII u. 284 S., 96 Abb. im Text. Geh. M 4,40; in Originallbd. M 4,80.

Der Verf. gibt hier in 7 Kapiteln: Fluidumtheorie (§§ 1÷7), Gesetze der elektrischen und magnetischen Kräfte (§§ 8÷14), Faraday-Maxwells Theorie (§§ 15÷32), Elektronentheorie (§§ 33÷38), elektromagnetische Schwin-

gungen und Wellen (§§ 39÷60), elektromagnetische Wellentelegraphie (§§ 61÷68), Entladungen in Gasen und Radioaktivität (§§ 69÷88), eine verhältnismäßig kurze, aber recht ansprechende und dem gegenwärtigen Stande der Forschung entsprechende Einführung in die Elektrizitätslehre. Die Darstellung ist klar und flüssig, nur ist sachlich zu bemerken, daß Seite 27 die praktisch verwendeten Höchstspannungen zu niedrig angegeben sind — es gibt viele Anlagen mit 60000 Volt, ja man ist gelegentlich bis über 100000 Volt gegangen —, daß bei Besprechung der Gasentladungen J. Starks nicht gedacht ist, und auch die wichtigen Untersuchungen von Gehrke & Reichenheim über Anodenstrahlen nicht erwähnt sind. Die Figuren sind in der überwiegenden Mehrzahl wenig schön, aber zweckentsprechend. Neben der Abbildung der Marconistation Poldhu (Fig. 64) hätte auch eine solche der Nauener Station gegeben werden können, Fig. 81 (Lichtbogen) wäre durch eine den tatsächlichen Verhältnissen möglichst Rechnung tragende Abbildung zu ersetzen gewesen. Das Buch dürfte seinem Zwecke: ein Orientierungsmittel auf theoretischem Gebiete für Studierende und Techniker, wie für alle, die Interesse für die modernen elektrophysikalischen Forschungen haben, zu sein, durchaus entsprechen.

B. v. Cz.

Die Wandlung unserer Anschauungen über das Wesen der Elektrizität. Von Dr. P. Gruner, Prof. d. theoret. Physik an der Universität Bern. Hamburg, G. Schloßmann, 1908. 26 S. Geh. M 0,80.

Das Heftchen enthält, nach einem akademischen Vortrage des Verf., eine vortreffliche, fesselnd geschriebene Übersicht in 4 Abschnitten (Fernewirkungstheorie, elektromagnetische Lichttheorie, Elektronentheorie, Ausblick), an der einzig die Nichterwähnung Hittorffs bei Besprechung der Entladungen in Gasen zu beanstanden ist. *B. v. Cz.*

Anorganische Chemie. Von Ira Remsen, Professor der Chemie an der Johns-Hopkins-Universität in Baltimore. Dritte Auflage der deutschen Ausgabe, selbständig bearbeitet von Dr. Karl Seubert, o. Professor der anorganischen und analytischen Chemie an der Technischen Hochschule zu Hannover. Tübingen, H. Laupp, 1906. XVI und 528 S., 21 Abb. im Text, 2 Tafeln. Geb. M 10,—.

Kurzes Lehrbuch der **Anorganischen Chemie** von Dr. A. Stavenhagen, Professor der Chemie an der Königl. Bergakademie Berlin. Stuttgart, F. Enke, 1906. XII und 526 S., 174 Abb. Geb. M 11,60.

Beide Bücher, in ihrer Anlage ganz verschieden, sind gut. Ira Remsen, bekannt durch seine mustergiltige, ebenfalls von Seubert übersetzte „Einleitung in das Studium der Chemie", zeichnet sich durch klare, einfache Darstellung aus; Seubert hat das Buch namentlich nach der physikalisch-chemischen Seite hin ausgebaut. Sein Lehrtalent zeigt sich im ersten mehr induktiven Teil fast mehr als im späteren, der die einzelnen Elemente abhandelt. Durch die ganz konsequente Benutzung des periodischen Systems bekommt die Darstellung etwas Starres und Zerrissenes. Bei allen Vorteilen, die das periodische System bietet, scheint es dem Ref. fraglich, ob es ratsam ist, die Leichtmetalle und die Edelmetalle streng in der Reihenfolge der natürlichen Familien abzuhandeln (K, Ag, Ca, Hg, usf., bis zum Schlusse die Fe- und die Argon-Gruppe an die Reihe kommt). Treten dabei nicht die Schwächen des Systems zu stark hervor? In der Aufnahme des Neuen und Neusten ist Seubert wohl an manchen Stellen, z. B. bei dem Abschnitt Radium, zu vorsichtig. Dafür wird nichts Unwesentliches behandelt, und die Art der Behandlung ist vorzüglich.

Reichhaltiger ist das Buch von Stavenhagen, dem man es deutlich anmerkt, daß es aus dem Manuskript einer Vorlesung entstanden ist, und zwar einer anregenden Vorlesung vor einem sehr bunt gemischten Publikum. Die zahlreichen Abbildungen und die kurzen praktischen Angaben zu den beschriebenen Vorlesungsversuchen werden vielen Lesern der Zeitschrift willkommen sein. Bei der Fülle von Textbildern ist es um so überraschender, in dem Abschnitt „Eisen" keine einzige Abbildung zu finden. Und doch ist die Herstellung von Stahl und Eisen ohne Abbildung der Haupttypen der Öfen schlechtweg unverständlich. Eine eingehendere und gleichmäßigere Mitteilung von thermochemischen Daten wäre zu wünschen, wobei als Einheit die übliche 15°-Kalorie der vom Verf. benutzten 0°-Kalorie oder dem Kilojoule entschieden vorzuziehen ist. Schließlich muß noch auf einen Mangel des Buches, der bei so vielen Vorzügen empfindlich stört, aufmerksam gemacht werden: Die Erklärung der vielen griechischen Wörter muß bei einer neuen Auflage einer **sehr** genauen Korrektur unterzogen werden.

W. Roth-Greifswald.



Einführung in die organische Chemie. Von Prof. Dr. O. Diels, Privatdozent an der Universität Berlin. Leipzig J. J. Weber, 1907. XII u. 315 S., 34 Abb. im Text. Geb. M 7,50.

Der Verf., der Entdecker der dritten Verbindung von Kohlenstoff und Sauerstoff, hat es verstanden, aus der unendlichen Fülle von Material, das in der organischen Chemie vorliegt, das Wesentliche herauszugreifen und es anschaulich darzustellen. Das ist bei der organischen Chemie nicht leicht, die mit ihren oft dreidimensionalen Strukturformeln an das Vorstellungsvermögen wesentlich höhere Anforderungen stellt als die anorganische Chemie. Gute, klare Strichzeichnungen veranschaulichen die immer wiederkehrenden Arbeitsmethoden des Organikers und stellen die Strukturbilder anschaulich dar. Die physikalischenCharakterisierungsmethoden(Refraktion, Polarisation, Bestimmung der Dissoziationskonstante von Basen und Säuren) sind etwas kurz behandelt; auch im fortlaufenden Text wären einige darauf bezügliche Zahlenangaben wünschenswert.

W. Roth-Greifswald.

Lehrbuch der Chemie und Mineralogie sowie der Elemente der Geologie. Für Oberrealschulen und Realgymnasien. Von Dr. A. Schlickum. Essen, Baedecker, 1907. 267 S. M 3,—.

Das Buch zerfällt in drei Teile, von denen der erste eine methodische Einführung nebst dem Wichtigsten aus der Kristallographie und Geologie, der zweite eine systematische Behandlung der Elemente und der dritte die qualitative und quantitative Analyse (inkl. Maßanalyse) und die organische Chemie bringt. — Der Verfasser verhält sich den Errungenschaften der physikalischen Chemie gegenüber gänzlich ablehnend. Daß auf der Unterstufe das Interesse an den stofflichen Umsetzungen als solchen durch den Unterricht geweckt und befriedigt werden soll, ist zuzugeben; ob das aber in der Prima einer Oberrealschule so bleiben darf, möchte die Mehrzahl der Fachkollegen verneinen. Jedenfalls dürfen aber die Tatsachen, die mit zu den neueren Anschauungen geführt haben, nicht, wie hier geschieht, falsch dargestellt werden (vgl. das Verhalten des Eisens zum Wasserdampf [S. 7], die Darstellung des Hohofenprozesses [S. 56], die Aufgabe über die Bildung der Kontaktschwefelsäure [S. 113, 9]). Auch sonst kommt die Theorie in dem Buch zu kurz; die Thermochemie wird gar nicht erwähnt; das Gesetz der bestimmten Gewichtsverhältnisse läßt sich aus den angegebenen Daten (S. 7) absolut nicht herleiten; die Erörterungen über Molekül und Atom sind vielfach unklar und die Beweisführung nicht zwingend. Von den den einzelnen Paragraphen angefügten Aufgaben sind viele theoretisch und praktisch ganz undurchführbar. Dem Primaner soll doch mit der Aufgabe nicht bloß ein mehr oder weniger eingekleidetes Regeldetriexempel geboten werden, ihm soll Gelegenheit gegeben werden, einen quantitativ verlaufenden chemischen Prozeß rechnerisch zu verfolgen. Was soll man aber zu folgenden Aufgaben sagen: „Wieviel g Eisenoxyduloxyd entstehen beim Durchleiten von 12,3 l Wasserdampf durch eine Röhre mit glühenden Nägeln?" (S. 95, 3) und „Wieviel g Kochsalz, das 1 Proz. Wasser enthält, muß ich abwägen, um 3,65 l Chlorwasserstoff (bei Weißglut) zu erhalten?" und viele andere derartige! — Auch in der Mineralogie findet sich der Mangel an Theorie; das Gesetz der einfachen Vielfachen der Parameter fehlt, ebenso die Erwähnung der Tatsache, daß jeder Mineralspezies ein bestimmtes Achsenverhältnis zukommt; über Isomorphie finden sich nur die kurzen Sätze: „Wenn zwei Mineralien gleiche Kristalle bilden, so sagt man, sie seien isomorph" (S. 34) und weiterhin „Kieselzinkerz = Zn_2SiO_4 ist dem Schwerspat isomorph, sonst dicht, ..." (S. 70); die Erklärungen über die Arten der regulären Hemiedrie sind nicht ausreichend (S. 29). — Die organische Chemie gibt eine im wesentlichen korrekte, sehr gedrängte Übersicht über das System der organischen Verbindungen; die Terpene und die stickstoffhaltigen Ringe sind gar nicht, die Eiweißstoffe fast gar nicht berücksichtigt.

A. Krause.

Lehrbuch der anorganischen Chemie. Von J. Lorscheid. 17. Auflage von F. Lehmann. Freiburg i. B., Herder, 1907. 329 S. Geb. M 4,20.

Kurzer Grundriß der organischen Chemie für höhere Lehranstalten. Von Prof. P. Kunkel. Freiburg i. B., Herder, 1908. Ergänzung zu Lorscheids Lehrbuch der anorganischen Chemie. 124 S. M 2,—.

Die vorliegende 17. Auflage des bekannten Lehrbuches schließt sich eng an die letzte vom Jahre 1904 an. Als selbständiger Teil erscheint jetzt der von H. Brockhausen umgearbeitete „Grundriß der Mineralogie"; eine weitere, den Freunden des Buches jedenfalls sehr willkommene Ergänzung bietet der

vor kurzem herausgegebene Grundriß der organischen Chemie von P. Kunkel. In diesem gibt der Verfasser auf 118 Seiten mit 28 Figuren eine kurze, aber doch recht inhaltreiche Darstellung des Systems der organischen Verbindungen. Das Hauptgewicht ist auf die Strukturchemie gelegt, doch kommen auch Technologie und Physiologie zu ihrem Recht. Eine sehr dankenswerte Beigabe ist die Beschreibung zahlreicher, durch besonderen Druck hervorgehobener Versuche, die meist den Ausführungen zugrunde gelegt sind; allerdings sind auch einige darunter (z. B. die Darstellung des Holzgeistes), die selbst im Praktikum kaum mit entsprechendem Erfolg ausgeführt werden könnten. Die Tetraederzeichnungen, welche die Struktur einiger Methanderivate und des Äthylens darstellen sollen (Fig. 7, 8, 10), scheinen wenig anschaulich. — Die sorgfältige Auswahl und die, mit sehr wenigen Ausnahmen, korrekte Wiedergabe des Stoffes lassen das Lehrbuch für seinen Zweck sehr wohl geeignet erscheinen. *A. Krause.*

Organische Chemie. Von Prof. W. Levin, als 3. Band zu dessen „Methodischem Lehrbuch der Chemie und Mineralogie". Mit 37 Abbild. Berlin, Salle, 1907. 117 S. M 1,65.

Das für den Unterricht wohl zu empfehlende Buch gibt eine für den Zweck vollkommen ausreichende Auswahl aus dem weiten Gebiet der organischen Verbindungen in der üblichen systematischen Anordnung. Die technisch wichtigen Prozesse werden ziemlich ausführlich erörtert und durch gute Figuren erläutert. Zum Schluß wird im Anschluß an die Besprechung der Eiweißstoffe das Wichtigste aus der Ernährungsphysiologie gegeben. *A. Krause.*

Justus von Liebig und Emil Louis Ferdinand Güßfeld. Briefwechsel 1862—1866. Mit Anmerkungen und Erläuterungen versehen herausgegeben von Dr. O. E. Güßfeld. Leipzig, J. A. Barth, 1907. 72 S. M 3,—.

Die Veröffentlichung ist ein erfreuliches Zeichen, daß die Verlagshandlung gewillt ist, die traditionelle Pflege der Geschichte der Chemie auch nach dem Tode von Georg W. A. Kahlbaum weiter zu üben. Der im Titel genannte Güßfeld, der Vater des Herausgebers, war der Inhaber einer Hamburger kaufmännischen Firma; er hat sich verdient gemacht durch die Einführung des Guanodüngers, wobei er durch Liebig wissenschaftliche Unterstützung erhielt. Die „22 Briefe Liebigs" zeigen uns den Forscher in seiner ganzen Liebenswürdigkeit und von neuem in seiner einzigen Bedeutung für die gesamte Entwicklung der deutschen Landwirtschaft; sie werden mit Recht als ein wichtiger „Beitrag zur Geschichte der Industrie künstlicher Dünger in Deutschland" bezeichnet. *O.*

Die Bindung des atmosphärischen Stickstoffs in Natur und Technik. („Die Wissenschaft", Heft 26.) Von Dr. P. Vageler in Königsberg i. Pr. Mit 16 Abbildungen im Text und auf 5 Tafeln. Braunschweig, Vieweg & Sohn, 1908. 132 S. Geb. M 5,20.

Das hochwichtige, aktuelle Thema wird hier in zusammenfassender und zugleich gründlicher Weise behandelt. Zunächst werden die natürlichen Salpetervorkommen, besonders die chilenischen, berücksichtigt. Hierbei darf die Anführung der verschiedenen Theorien über die Entstehung der genannten Salpeterlager auf allgemeineres Interesse rechnen; fast alle Theorien nehmen organische Reste als Grundlage an, die Nöllnersche „Tangtheorie", die den Salpeter auf die Verwesung von großen Tangmassen zurückführt, erklärt am besten den hohen Jodgehalt der dortigen Ablagerungen; eine neuerdings aufgestellte, physikalisch interessante, aber noch nicht durch Messungen gestützte Anschauung, welche das Entstehen des Chilesalpeters mit den häufig sehr starken elektrischen Spannungen der abends von Westen kommenden „Camanchaka"-Nebel in Verbindung bringt, wird ebenfalls, wenn auch nur kurz, erörtert. Im übrigen finden sich die neuesten Ergebnisse der Forschung wie die physikalischen Methoden der Salpetererzeugung, deren sich die Technik bedient (vgl. den Bericht von W. Roth in *dies. Zeitschr. 21, 399*), in Wort und Bild berücksichtigt. Am eingehendsten ist jedoch die biologische Seite der Sache, die Bindung von atmosphärischem Stickstoff durch Organismen (S. 30...108), sowohl durch freilebende wie auch in Symbiose tretende Mikroorganismen, behandelt. Es sei daher auch im Interesse des biologischen Unterrichts der Oberklassen auf das Buch angelegentlich hingewiesen. *O.*

Quantitative chemische Analyse. Maßanalyse, Gewichtsanalyse und Untersuchungen aus dem Gebiete der angewandten Chemie. Zum Gebrauche in chemischen Laboratorien. Von Dr. W. Autenrieth, a. o. Prof. a. d. Univ. Freiburg i. B. 2. völlig umgearbeitete Aufl. Mit

32 Abb. Tübingen, Mohr (P. Siebeck), 1908. XVI u. 380 S. M 8,40.

Das Buch hat in der neuen Ausgabe wesentliche Änderungen erfahren. Neben verschiedenen neuen analytischen Bestimmungen, z. B. einiger seltener Metalle, sind vor allem „Untersuchungen aus der angewandten Chemie" hinzugekommen. Diese erstrecken sich auf das Trinkwasser, einige Mineralien und Silikatgesteine, Roheisen und Superphosphat, sowie auf Stoffe von vorwiegend pharmazeutischem Interesse. Die praktischen Handgriffe sind ausführlich beschrieben, die Anweisungen mit großer Sorgfalt gegeben; in den Übungsbeispielen sind zweckmäßig auch die Ionengleichungen mehrfach angeführt, auch sind praktischerweise numerische Berechnungen vielfach durchgeführt oder angedeutet. Die Maßanalyse hat eine weitgehende Berücksichtigung erfahren. Das Buch sei der allgemeineren Beachtung empfohlen. *O.*

Lehrgang der Chemie und Mineralogie für höhere Schulen. Von Dr. F. Küspert, Königl. Reallehrer an der Kreisoberrealschule Nürnberg. Nürnberg, C. Koch, 1908. 344 + 68 S. Geb. M 4,—.

Wir haben es im vorliegenden Buch mit einer eigenartigen, von den üblichen Lehrbüchern vielfach abweichenden Arbeit zu tun. Zum Teil läßt sich dies schon aus der Gliederung erkennen: S. 1...28 enthält eine „Einführung" in die allgemeinen Grundbegriffe und einfacheren Gesetze; S. 29...344 gibt die „Spezielle Chemie", an welche sich in besonderer Numerierung eine „Kristall- und Mineralkunde" anschließt (S. 1...68); die wichtigsten Dinge aus der organischen Chemie sind beim Element „Kohlenstoff" (S. 170...217) behandelt.

Wesentliche Merkmale des Buches sind: die ausgiebige Berücksichtigung der quantitativen Seite der chemischen Erscheinungen, ferner, was besonders lobend hervorzuheben ist, die Verarbeitung der wichtigsten Anschauungen der modernen physikalischen Chemie. So werden die Begriffe der Reaktionsgeschwindigkeit, des chemischen Gleichgewichtes u. a. an passender Stelle erörtert, beim Chlorwasserstoff wird die Ionenlehre angeschlossen usw. Auch das logische Moment gelangt vielfach zur Geltung. Überhaupt ist der Verfasser bemüht, alle Begriffe möglichst anschaulich unter Zuhilfenahme der Erfahrungen des täglichen Lebens zu entwickeln, und auch sonst werden in dem Ganzen bemerkenswerte didaktische Grundsätze sichtbar. In der Durchführung derselben ist der Verfasser jedoch nicht immer gleich glücklich. So ist die erste Einführung, betreffend die Erscheinungen, die „in das Gebiet der Chemie gehören" (S. 1), nicht durchsichtig genug, zieht vielmehr schwierigere komplexe Begriffe und entlegenere Vorgänge mit heran. Als erstes „Beispiel" wird „das Verwittern der Gesteine" angeführt, das doch zum großen Teil physikalischer Natur ist (übrigens allen Flachlandbewohnern gar keine so geläufige Erscheinung ist), und danach der Schwefelkies erwähnt, an den bereits die Erscheinung der Pseudomorphose (natürlich ohne Nennung dieses Wortes) erörtert wird.

Die ersten „grundlegenden" Versuche werden am gebrannten Gips, dem sein Kristallwasser zugesetzt wird, und am Kalkstein, dem das Kohlendioxyd entzogen wird, vorgenommen. Der erstgenannte Versuch läßt jedoch zwei charakteristische Merkmale einer chemischen Vereinigung, das Wärmemoment und das Andersartige des entstehenden Körpers, nicht genügend zur Geltung kommen. Beim Kalk tritt der Versuch der Vermischung von Kalkwasser und Selterswasser unvermittelt auf. Wenig zweckmäßig ist es ferner, beim „Wesen des Kalkbrennens" zu beginnen (S. 7) „Das beim Brennen ... entweichende Gas ist Kohlensäure" und dann fortzufahren „dies kann bewiesen werden, indem man ...". Hier konnte mit Leichtigkeit mehr induktiv verfahren werden. Es sei aber ausdrücklich betont, daß dies nur Beispiele von Ausnahmen sind, und daß sonst im allgemeinen dem Versuch die richtige Stellung gegeben ist. Überhaupt ist bei der genannten „Einführung" die Berücksichtigung der physikalischen Nebenerscheinungen sowie des Quantitativen, die zeitige Heranziehung des Arbeitsbegriffes, das Warnen vor frühzeitigen Verallgemeinerungen u. a. nur anzuerkennen.

Wenn danach die „technisch wichtigsten Metalle" sowie „die wichtigsten Metalloide" — nicht gerade sehr zweckmäßig in alphabetischer Reihenfolge mit dem fremdartigen Bor an der Spitze — in Tabellenform unter Angabe der wichtigsten Eigenschaften aufgeführt werden, so kann man sich hierfür zwar auf anerkannte Vorbilder — Arendt für Schullehrbücher, Ostwald für Studienlehrbücher — berufen; wir halten aber trotz allem dafür, daß derartige systematische Übersichten erst nachträglich aufgestellt

werden dürfen, daß sie an vorzeitiger Stelle die Übersichtlichkeit nicht erleichtern, sondern nur einen Belastungsstoff darstellen. Daß dann bei Aufstellung der „fünf wichtigsten chemischen Grundgesetze“ die Elektrolyse einer verdünnten Ätznatronlösung als „Wasserzersetzung“ behandelt wird (S. 21), müssen wir im Hinblick auf die später zu gewinnende klare Anschauung der Ionenreaktionen grundsätzlich beanstanden. Es muß immer wieder hervorgehoben werden, daß für die experimentelle Herleitung des Volumgesetzes (Vereinigung nach ganzzahligen Volumen) die meist, auch hier, übergangenen Eudiometerversuche viel instruktiver sind; die experimentellen Unbequemlichkeiten dürfen die Vorführung nicht hindern.

Beim Wasser sind die „Beziehungen zu anderen Stoffen“ vorzüglich durchgeführt, nur die erste derselben, „die Hydratbildung“, hätten wir etwas anders gewünscht — die in dem Satz (S. 34) «So nennt man den erhärteten Gips „Gipshydrat“, den gelöschten Kalk „Kalkhydrat“» vollzogene Gleichsetzung kann leicht zu Irrtümern führen. Weiterhin bei der Behandlung der einzelnen Elemente wird vielfach der Blick sehr zweckmäßig auch auf die Lebensvorgänge im Pflanzen- und Tierkörper sowie auf geologische Erscheinungen gelenkt. Der für die Mineralogie aufgestellte Grundsatz, daß hier Kenntnisse „nicht gelernt, sondern allein durch Übungen erarbeitet werden können“, ist gewiß zu billigen; die gebotenen ausführlichen Bestimmungstabellen sind aber allein nicht ausreichend, irgendeinmal muß das System der Mineralien, wenn auch in kürzester Form, zum Ausdruck gelangen. — In typographischer Hinsicht ist das Buch nur zu loben. Ein offensichtlicher, aber in einer Neuauflage leicht abzustellender Mangel ist das Fehlen eines Sachregisters zum chemischen Teil; der Mangel wird um so fühlbarer, als auch eine Inhaltsübersicht — deren Wert beim Unterrichtsgebrauch nicht unterschätzt werden darf — nicht vorhanden ist.

Wenn auch in dem vorliegenden Buch einzelne Punkte zu beanstanden waren, so ist es doch im ganzen als eine gediegene Arbeit zu bezeichnen, die der Beachtung durchaus zu empfehlen ist. *O.*

Ad. Stöckhardts Schule der Chemie oder erster Unterricht in der Chemie, versinnlicht durch einfache Experimente. 21. Aufl., bearbeitet von Prof. Dr. Lassar-Cohn. Mit 204 Abb. u. 1 Spektraltafel. Braunschweig, F. Vieweg u. Sohn, 1908. XXXV u. 797 S. M 7,—; geb. M 8,—.

Das altbekannte Buch ist in der neuen Bearbeitung von veralteten Anschauungen, wie z. B. der von der Lebenskraft, befreit und mit neueren Tatsachen und Auffassungen durchsetzt worden, zeigt aber in der Anordnung und den Abbildungen noch vielfach das alte Gewand. In diesem wird es seinen Zweck, der „Selbstbelehrung, insbesondere für angehende Apotheker, Landwirte, Gewerbetreibende usw.“ zu dienen, noch weiter zu erfüllen vermögen. Um indessen auch „zum Schulgebrauch“ sich zu eignen, müßte das Buch inhaltlich, in theoretischer und experimenteller Hinsicht noch viel weiter umgestaltet werden — beispielsweise dürfte der Atombegriff nicht so im Anfange (S. 11) und auch nicht in der vorliegenden Fassung gebracht werden. Damit soll aber nicht verkannt werden, welche umfangreiche und dankenswerte Arbeit der Herausgeber geleistet hat, um das Buch auf den modernen Standpunkt zu erheben. Es kann in der neuen, besonders auch die chemische Technik weitgehend berücksichtigenden Form mit manchen modernen Büchern ähnlicher Richtung in Wettbewerb treten. *O.*

Theoretisch-praktisches Handbuch der photographischen Chemie. I. Bd.: Photogr. Negativprozesse und orthochromatische Photographie. Von Prof. R. Namias. Nach der 3. italienischen Aufl. übersetzt von A. Valerio u. Dr. C. Stürenburg. Halle, W. Knapp, 1907. 406 S. M 8,—.

Das Buch enthält nicht nur die Praxis und Theorie der üblichen erprobten Verfahren, sondern vielfach auch die Früchte eigener Arbeit des Verfassers. Der Hauptzweck des Buches ist darin zu suchen, daß es den Empirismus in der Photographie, das Arbeiten nach bloßen Vorschriften beseitigen will; an seine Stelle soll das wirkliche Verstehen aller bei den Prozessen beteiligten Faktoren treten.

Obgleich an deutschen, die Theorie gründlich berücksichtigenden Werken kein Mangel ist, wird das Buch des namhaften Forschers, besonders in den Ausführungen über orthochromatische Photographie, manchem wissenschaftlichen Photographen eine erwünschte Gabe sein. *O.*

Grundriß der Chemie für den Unterricht an höheren Lehranstalten. Von Dr. Fr. Rudorff. Ausgabe B. Herausgegeben von Prof. Dr.

A. Krause. 14. Aufl. Berlin, 1908, H. W. Müller. 312 S. Geb. M 4,—.

In der vorliegenden Auflage ist die physikalische Chemie in einigen kurzen Kapiteln am Schlusse der Nichtmetalle und am Anfang der Metalle stärker berücksichtigt worden. Da im übrigen die Neubearbeitung des Grundrisses bereits eine eingehende Besprechung in dieser Zeitschrift (*XVIII, 312*) erfahren hat, genügt es, auf die neue Auflage des bewährten Buches empfehlend hinzuweisen. *O.*

Einführung in die chemische Technik. Kurzgefaßtes Lehrbuch der chemischen Technologie mit Berücksichtigung der Grundlehren der Chemie, für Handels-, Real- und Gewerbeschulen. Von Oberlehrer Dr. R. Sachsze, an der Handelslehranstalt der Dresdener Kaufmannschaft. Leipzig u. Berlin, B. G. Teubner, 1907. 162 S. M 2,—.

In dem einleitenden Teile, der die Luft, Wasser, Kohle, Kalk usw. behandelt, fällt die Aufstellung von Formeln für unmögliche bzw. noch nicht dargestellte Körper wie $N(OH)_5$ auf. Im Hauptteil des Buches „Betriebe der chemischen Technik“ finden in 20 Kapiteln alle wichtigen Zweige der chemischen Technologie, von der „Leuchtgasfabrikation“ an bis zur „Gerberei“, eine kurze und zweckmäßige Darstellung, die durch gute Abbildungen unterstützt wird. Das Buch wird für Handels- und Gewerbeschulen gute Dienste leisten können. *O.*

Programm-Abhandlungen.

Der Anschluß unseres physikalischen und chemischen Unterrichtszimmers an das städtische Elektrizitätswerk. Von Prof. Dr. Nordmann. Realgymnasium Halberstadt. Ostern 1908. Pr. Nr. 333. 22 S. und 3 Tafeln.

Die Beschreibung der Anschlußeinrichtung ist zunächst für die Lehrer und Schüler der Anstalt selbst bestimmt, aber sicher auch solchen Kollegen von Nutzen, denen die Herstellung einer solchen Einrichtung obliegt. Die verwendete Schalttafel von Ruhstrat (d. Zeitschr. 1905, S. 379) hat sich zwar in vieler Hinsicht bewährt, macht aber doch einige Ergänzungen nötig, um für die Zwecke des Unterrichts voll brauchbar zu sein. Neben der Schalttafel, die sowohl Starkstrom bis 15 Amp. als Schwachstrom bis 1,43 Amp. liefert, ist eine Akkumulatorenbatterie von 6 Zellen mit je 8 Amp. Entladestromstärke und 24 Amp.-Std. Kapazität in Gebrauch. Das chemische Unterrichtszimmer ist mit einer Batterie von 12 solchen Zellen versehen.

P.

Versammlungen und Vereine.

Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte zu Cöln, 1908.

Verhandlung über die Hochschulausbildung der Lehramtskandidaten der Mathematik und der Naturwissenschaften[1]).

Am 21. September 1908 fand eine von der Unterrichtsabteilung veranstaltete Debatte über die Hochschulausbildung der Lehramtskandidaten statt, an der eine größere Anzahl von Hochschulprofessoren und von Lehrern höherer Lehranstalten teilnahm.

Herr G. R. Klein (Göttingen) gab zu Beginn der Verhandlungen einen eingehenden Bericht über die auf das Thema bezüglichen Abschnitte aus den Reformvorschlägen der Unterrichtskommission deutscher Naturforscher und Ärzte (d. Zeitschr. 21, 52). Zwischen den Anforderungen reiner Wissenschaft und den Anforderungen des späteren Berufs bestehe ein gewisser Gegensatz. Während es dem Universitätslehrer näher liegt, daß er selbständige Untersuchungen machen läßt, so ist dagegen der künftige Lehrer genötigt, vieles nebeneinander zu unterrichten, er muß sich daher vielerlei Kenntnisse zugleich aneignen. Auch müssen wir mit mittleren Begabungen rechnen, die etwas Ordentliches, aber nichts Außerordentliches leisten. Eine der großen Fragen ist, wie weit man die Kandidaten veranlassen soll, eine gemeinsame Grundlage zu gewinnen, und wie weit die Freiheit gehen soll, die Studien individuell zu gestalten. Wir wollen den Studenten nicht zu sehr belasten, damit er noch Zeit übrig hat, zu studieren, zu debattieren und andere Bildungselemente in sich aufzunehmen. Dementsprechend ist der Studienplan für die ersten sechs Semester

[1]) Nach einem vom Prof. J. Ruska in Heidelberg verfaßten ausführlichen Bericht, der im Pädagog. Archiv, Februar 1909, erscheint.

entworfen; doch ist dabei nicht an einen verpflichtenden Studienplan gedacht.

Früher galt es für selbstverständlich, daß Mathematik und Naturwissenschaften als Studienfächer zusammengehören, erst 1866 wurde in Bonn durch Gründung eines mathematischen Seminars das alte Band zerschnitten. Die Anforderungen in den einzelnen Studienfächern haben sich mit der Zeit derart gesteigert, daß eine Teilung unerläßlich wurde. Die Kommission hat Mathematik und Physik auf die eine, Chemie, Biologie, Mineralogie und Geologie auf die andere Seite gestellt. Mehr Gruppen zu machen, erschien nicht zweckmäßig, obwohl es z. B. in Frankreich reine Chemiker gibt, die an einer Anzahl Schulen zugleich unterrichten; dabei lernen sie aber die Schüler nicht kennen, von der Lockerung der Disziplin nicht zu reden.

Für die Gruppe Mathematik - Physik werden die drei Fächer Mathematik, angewandte Mathematik und Physik als zusammengehörig angesehen. Insbesondere für die Physik wird gewünscht, daß das praktische Arbeiten schon mit dem 1. Semester beginnt, sowie ferner, daß die Vorlesung über Experimentalphysik an die bereits auf der Schule erworbenen Kenntnisse anknüpfe und auch eine bescheidene Kenntnis der Infinitesimalrechnung voraussetze. Für die andere Gruppe werden Chemie, Biologie, Mineralogie und Geologie als Prüfungsfächer vereinigt. Als ein abzuschaffendes Residuum aus der Vergangenheit aber ist es anzusehen, daß in der Lehramtsprüfung Anforderungen wiederholt werden, die bereits im Abiturium erledigt sind.

Gegenüber der aus Schulmännerkreisen laut gewordenen Meinung, daß sich die Trennung der Studien in zwei Gruppen aus schultechnischen Gründen nicht durchführen lasse, macht der Vortragende geltend, daß es heute einfach nicht mehr möglich sei, alles zu studieren, niemand aber solle etwas unterrichten, was er nicht studiert hat. Die auf einem Gebiet erworbene formale Bildung sei wohl für verwandte Gebiete brauchbar, aber nicht für Aufgaben ganz heterogener Art. An den Gymnasien sei es ja schwerer, Chemiker und Biologen zu beschäftigen, doch sei neuerdings auch an Gymnasien der Biologie eine Stätte eröffnet. Was aber die Forderung betreffe, man solle Physik und Chemie nicht voneinander reißen, sondern den Schnitt hinter der Mathematik machen, so sei das für die Mathematik bedenklich, man würde Mathematiker in einer Reinkultur erhalten, die sich in den Schulorganismus nicht einfüge; und andererseits würde die Summe der Anforderungen ungeheuerlich sein, wenn zu den übrigen Naturwissenschaften noch die Physik hinzutrete. Ein anderer Einwand komme von den Hochschulen, wo man sich nicht gern etwas dreinreden lasse; demgegenüber müsse man die Hochschule als einen Organismus auffassen, dessen Teile aufeinander bezogen sind. Nicht „Freiheit und Gleichgültigkeit“, wie man wohl gesagt hat, sondern „Freiheit und Gemeinsinn“ müsse die Losung sein.

In der Diskussion verlangt Lehmann (Karlsruhe), daß die Chemie mit der Physik verbunden werde, und schlägt vor, Mathematik und Biologie zu vereinigen. — Truchsess (Cöln) bespricht die praktischen Schwierigkeiten; wie wolle man den Widerstand der Direktoren überwinden [Klein: Durch freundliches Zureden]. — von Wettstein (Wien) ist für die vorgeschlagene Trennung, empfiehlt aber die zweite Gruppe Chemie und Naturgeschichte zu nennen. — Witting (Dresden): In Sachsen besteht die Trennung bereits, auch wird niemand gezwungen, in einem Fach zu unterrichten, das er nicht studiert hat; die Direktoren sind verpflichtet, dem Lehrerkollegium die Stundenverteilung vorher vorzulegen. — Ruska (Heidelberg): In Baden besteht die Zweiteilung längst und hat sich bewährt. Je mehr Realanstalten entstehen, desto unentbehrlicher wird die Differenzierung in den Oberklassen. — Hallwachs (Dresden) wünscht, daß die Chemie in der ersten Gruppe nicht zu kurz komme; die Kandidaten müßten mindestens auch anorganische Chemie gehört haben. In demselben Sinne sprechen sich Hoppe (Hamburg) und Rubens (Berlin) aus. — Schwering (Cöln): Im Schulleben muß man ausgleichen, mancher arbeitet sich später noch in ein Fach ein und leistet darin Vortreffliches. Wir können nur feststellen, was wir als Durchschnittsbildung von unsern Kandidaten wünschen. — Poske (Berlin): Die Unterrichtskommission hat in ihren Studienplan für Gruppe I auch eine Vorlesung über anorganische Chemie aufgenommen. — Fischer (München): In Bayern besteht seit 30 Jahren die Zweiteilung der Fächer; sie schließe nicht aus, daß jemand noch Fächer aus der andern Gruppe hinzunehme. — Rohn (Dresden): Man sollte die Physik in doppelter Weise einsetzen, so daß für Gruppe II Mineralogie und Geologie ein Fach, Chemie und Physik ein zweites Fach bilden. —

Speziell zur Frage der Vorbildung in Physik kam folgendes zur Sprache. Study

(Bonn): Er habe vielfach Klagen von Gymnasiallehrern darüber gehört, daß die Physikvorlesung auf der Universität zu elementar gehalten sei: er schlage vor, daß für die künftigen Lehrer andere Vorlesungen gehalten werden als für die Mediziner. Die Schwierigkeiten seien ja nicht zu verkennen, aber der bisherige Zustand müsse aufhören. — Hallwachs (Dresden) stellt in Abrede, daß solche Klagen zutreffend seien. Man dürfe das Niveau der Vorlesung nicht nach der Menge der Mathematik beurteilen, die angewandt wird. Er könne in Dresden etwas Differential- und Integralrechnung voraussetzen, gehe aber nicht über dx/dt und d^2x/dt^2 hinaus. Wollte er den Umfang der mathematischen Mittel vergrößern, so müßte er eine Stunde mehr für Physik haben, er könnte dann den Übergang von der Experimentalpysik zur theoretischen Physik leichter vermitteln. Es sei zuzugeben, daß hier eine gewisse Schwierigkeit bestehe; diese sei aber am besten zu lösen durch eine mathematisch gehaltene Ergänzungsvorlesung zur Experimentalphysik, wie sie schon vor 28 Jahren von F. Kohlrausch gehalten worden sei und jetzt in Berlin gehalten werde. — Witting (Dresden): Auch Prof. Riecke in Göttingen habe die Klage der Physiklehrer als durchaus begründet anerkannt (vgl. d. Heft S. 54). — von Wettstein (Wien): Es handle sich hier um eine der wichtigsten Fragen des gesamten Hochschulunterrichts; auch z. B. in der Biologie haben sich ähnliche Mißstände herausgestellt, die Universitätslehrer seien oft genötigt, für Zuhörer von sehr verschiedener Vorbildung und verschiedenen Studienzielen zugleich zu lesen. Für unsere Lehramtskandidaten müsse Spezialisierung Platz greifen. — Rubens (Berlin): Die Physik sei so umfangreich geworden, daß es unmöglich sei, den Stoff in zwei Semestern zu bewältigen, wenn man noch größere mathematische Exkurse bringen wollte. Er lese deshalb eine mathematische Ergänzungsvorlesung, die überraschend großen Anklang gefunden habe. Er könne nicht zugeben, daß die Experimentalvorlesung, wie er sie halte, unter dem Niveau der Lehramtskandidaten sei, sie kämen oft noch in späteren Semestern, da sie die Art der Behandlung im Hinblick auf ihre künftige Tätigkeit interessiere. Eine Ergänzung sei ferner noch auf technischem Gebiete nötig, in Berlin werde in einem Semester die Elektrotechnik, in einem anderen die kalorischen Maschinen behandelt. Dies sei die beste Art, den vorhandenen Bedürfnissen gerecht zu werden. — Klein (Göttingen) erklärt sich von den Ausführungen des Vorredners befriedigt; man solle aber nicht sich bei elementaren Erörterungen stundenlang aufhalten, wo der mathematische Ausdruck rasch und leicht zum Ziel führe. — Planck (Berlin): Das mathematische und das physikalische Denken seien von Grund aus verschieden, es empfehle sich eine reinliche Scheidung. Man sollte Mathematik nur da anwenden, wo man mit der Physik nicht auskommt, das sei pädagogisch ungeheuer wichtig. Eine Steigerung des Mathematischen in den Physikvorlesungen aber könne nur schädlich wirken. — Poske (Berlin): Wir wollen keine größere Menge Mathematik eingeführt sehen, als für die exakte Grundlegung der physikalischen Begriffe unbedingt erforderlich ist. Wir gebrauchen schon im Schulunterricht den Begriff des Limes, das sollte auf der Universität nicht ignoriert werden. Andererseits wünschen wir aber keine ausgedehnten Rechnungen im Physikunterricht, wir wünschen vielmehr die Vorlesung streng experimentell. Wenn aber die mathematische Vertiefung ganz auf die Ergänzungsvorlesung verlegt wird, so ist das ein Notbehelf und nicht eigentlich das, was wir in erster Linie anstreben. Wir brauchen ein höheres Niveau der Experimentalvorlesung, dies Niveau ist aus Rücksicht auf die Mediziner vielfach zu niedrig; es sollte, solange eine völlige Trennung der Mediziner von den Lehramtskandidaten unausführbar ist, jedenfalls doch so hoch genommen werden, wie es sich mit der Rücksicht auf die Mediziner noch irgend verträgt. — Wien (Würzburg) begrüßt die erzielte Verständigung; die Physiker hätten geglaubt, daß mehr Mathematik gefordert würde. Er sei einverstanden damit, daß das Niveau möglichst hoch gebracht werde; man müsse sich aber nach den Leistungen der Schule und nach den Bedürfnissen der Hörer richten. — Hallwachs (Dresden) spricht ebenfalls seine Zustimmung aus. Nur könne man nicht verlangen, daß alle Dozenten gleich gut seien, und dürfe nicht nach Einzelfällen urteilen.

Ferienkursus des Physikalischen Vereins zu Frankfurt a. M.

Vom 5. bis 17. Oktober 1908.

Die Eröffnung mit 51 Teilnehmern erfolgte durch die Herren Oberrealschuldirektor Dr. Bode und Prof. Dr. Boller in Gegenwart des Herrn Oberpräsidenten Hengstenberg und des

Herrn Geh. Regierungs- und Provinzialschulrats Kaiser im neuen Gebäude des Physikalischen Vereins.

I. Vorlesungen.

A. Physikalische: Prof. Dr. Wachsmuth: 1. Radioaktivität (8 St.). — 2. Neuere Schulversuche und Apparate (z. T. vorgeführt, z. T. beschrieben; 1 St.), unter anderm: Messung der Schallgeschwindigkeit mit einer 100 m langen im Hörsaal verlegten Röhre; Resonanzversuch mit einer helium gefüllten Geißlerröhre; Nachweis der anomalen Lichtbrechung mit gekreuzten Prismen; Apparat zur Veranschaulichung des Hitzdrahtgalvanoskops; Bestimmung von $C_p : C_v$; Feststellung der Brennweiten verschiedenfarbigen Lichtes mittels Bildwerfer; Nachweis des Astigmatismus durch Schrägstellung einer Linse vor dem Bildwerfer.

B. Meteorologische: Dr. Linke. 1. Über Wetterprognose (4 St.). — 2. Das lenkbare Luftschiff (1 St.). Ein mehrere cbm großes Modell mit elektrischem Flügelantrieb wurde in Tätigkeit gesetzt.

C. Elektrotechnische: Prof. Dr. Déguisne (im ganzen 12 St.). 1. Strom- und Spannungsmessung bei Gleich- und Wechselströmen. Kirchhoffsches Gesetz für Wechselströme. — 2. Spule mit Gleich- und Wechselstrom. Selbstinduktion. Ohmsches Gesetz für Wechselströme. Scheinbarer Widerstand. — 3. Kondensatoren, ihr Verhalten bei variablem Gleichstrom und bei Wechselstrom. Kapazität. — 4. Erzeugung von Hochfrequenzströmen durch Funken und durch Lichtbogen. Resonanz bei Wechselstrom. — 5. Drahtlose Telegraphie. Sende- und Empfangsapparate. Abstimmung auf verschiedene Wellenlängen. — 6. Induktorien. Ihr Betrieb mit verschiedenen Unterbrechern. Neues aus der Röntgentechnik.

D. Astronomische: Prof. Dr. Brendel, Zeit- und Ortsbestimmungen (4 St.).

E. Chemische: Prof. Dr. Freund. 1. Die Atomzerfallhypothese und die Konstitution der Materie (1 St.). — 2. Neues aus der chemischen Technologie (2 St.). Gesprochen wurde unter anderm über die Darstellung des Wasserstoffsuperoxyds mittels Natrium, des Natriumamids, das tonnenweise zur Herstellung von Indigo verbraucht wird, des „Kalkstickstoffs“ (durch Einleiten von Stickstoff in Calciumkarbid), der als Düngemittel wichtig wird, und die des für die Glühlampenindustrie bedeutungsvoll gewordenen Tantals.

F. Pädagogische: Dr. Schultze, die Psychologie der Ermüdung und ihre Bedeutung für die Schule (etwa 3 St.). Apparate und Methoden zur Messung der Ermüdung wurden erläutert.

G. Einleitende Vorträge für Besichtigungen. 1. Der elektrotechnischen Fabrik von Hartmann & Braun: Prof. Hartmann. — 2. Der Felten und Guilleaume-Lahmeyer-Werke: Oberingenieur Prof. Dr. Epstein sprach über Turbogeneratoren. Während die alte Dynamomaschine, die mittels Riemen durch die Kolben-Dampfmaschine angetrieben wurde, höchstens 300 Touren machte, erlaubt die Kuppelung mit der Dampfturbine, bis zu 1500 Touren zu gehen. Günstige Folgen hiervon sind: Verkleinerung, Ersparnis an Material, Raum, Dampf, Bedienung, Erhöhung der Betriebssicherheit. Die Zahl der Pole wird etwa von 64 auf 4 verringert. Ungünstige Folgen dagegen: Vergrößerung der Fliehkraft, daher größte Festigkeit, genaueste Symmetrie erforderlich; ungünstigeres Verhältnis zwischen Oberfläche und Gewicht, daher zur Kühlung Ventilation nötig. Verluste durch Hysteresis und Foucaultströme gehen bei dem freilich dreimal so teuren Siliciumeisen auf die Hälfte herunter. — Gleichstrommaschinen von höherer Wirkung eignen sich nicht für die Turbinen wegen der notwendigen Vergrößerung des Kollektors. Transformatoren werden jetzt für 3000 KW und bis 50000 V gebaut.

II. Übungen.

A. Elektrotechnisches Praktikum: Prof. Dr. Déguisne (20 Teilnehmer, etwa 23 St.).

B. Meteorologische Übungen: Dr. Linke (etwa 20 Teilnehmer, 4 St.).

C. Glasblasen: Ein beim Verein angestellter Glasbläser (17 Teilnehmer, je 9 St.).

D. Beobachtungen auf der Sternwarte: Prof. Dr. Brendel (3 Abende).

III. Besichtigungen.

Museum der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft; Platinschmelze von Heraeus in Hanau; Kupferwerk von vorm. Hesse Söhne in Heddernheim; Elektrotechnische Fabrik von Hartmann & Braun; Homburg und Saalburg; Felten und Guilleaume-Lahmeyer-Werke; Geschäftsstelle des Zeißwerkes in Jena, Apparate der Frankfurter physikalischen Werkstätten, der Firma Leist in Wetzlar usw.; Klingeroberrealschule, auch Wöhlerrealgymnasium, Sachsenhäuser Oberrealschule. *Bennecke, Potsdam.*

Mitteilungen aus Werkstätten.

Die Einrichtung der Physik- und Chemieräume höherer Lehranstalten. Von Dr. Willy Kiesewetter. Mit 58 Abbildungen. Erweiterter Abdruck aus der Zeitschrift „Das Schulhaus". 91 S. Beigefügt sind 6 Kostenanschläge in verschiedener Preislage. Die Einrichtungen werden von der Firma Ferdinand Ernecke in Berlin-Tempelhof geliefert.

Von der Firma Max Kohl in Chemnitz werden Einzelprospekte über folgende Gegenstände versandt: Apparate und Chemikalien zur subjektiven und objektiven Beobachtung der festen, fließenden und flüssigen Kristalle nach O. Lehmann. (11 S.)

Kohls Megadiaskop (D. R. G. M.), nebst Beschreibung der Versuche. Großes Modell für 30–50 Ampere M 1320; kleines Modell für 25—30 Ampere M 1020.

Neue rotierende Quecksilber-Hochvakuumpumpe (D. R. P. angem.), für die Fabrikation von Glühlampen und Röntgenröhren und für Demonstrationszwecke im physikalischen Unterricht geeignet. M 300, mit Elektromotor von $^1/_{10}$ PS für 110 Volt Gleichstrom M 440.

Chemische Schnellwage von. L. Reimann, Berlin SO., Schmidstraße 32, für 100 bis 200 g Belastung, Empfindlichkeit 0,1 bzw. 0,5 mg. Preis 90–150 M.

Schulelektromagnet nach W. Volkmann. Von Georg Beck in Berlin NO., Georgen-Kirchstr. 54. Auch für diamagnetische Versuche und Zeeman-Effekt geeignet. M 50.

Spiegelkondensoren mit Dunkelfeldbeleuchtung. Von C. Reichert, Wien VIII, Bennogasse 24 26. (8 S.) Vgl. d. Ztschr. 21, 395.

Zur astronomischen Tafel[1].

Von **M. Koppe.**

Die vollständige Erklärung ist der Sonder-Ausgabe der Tafel beigegeben[2]).

Für die Darstellung des Laufes der Wandelsterne gibt das in Karte I gewählte Koordinaten-System der Länge und Breite die beste Übersicht. In modernen Sternkarten und Atlanten ist es nicht zu finden. Dagegen ist zur Einstellung eines Fixsterns oder anderen Himmelspunktes im Sucher eines parallaktischen Fernrohrs neben der Sternzeit die Deklination und die Rektaszension nötig, die auf den Äquator und den Frühlingspunkt bezogenen Koordinaten. Damit man auch diese für jeden Ort eines Wandelsterns angenähert zur Hand habe, ist jetzt Karte Ia beigefügt. Sie enthält für den mittelsten Teil des Tierkreisgürtels ein Netz aus Parallelkreisen mit je 5° Abstand und aus Meridianen mit je 7,5° Abstand. Man findet z. B. für Castor oder α der Zwillinge: $\delta = 32^0$, $\alpha = 7^h\,30^m = 112^0$.

Aus den Karten III bis VI erkennt man leicht, durch welche Sternbilder jeder Planet im Laufe des Jahres hindurchgeht. Die Angabe von sog. Zeichen statt der Sternbilder, z. B. des Wortes *aries* als synonym für den Bezirk 0° ... 30° der Ekliptik, den das Sternbild der Fische einnimmt, ist verwirrend für die Anschauung und überhaupt zwecklos, ein Überrest aus der sonst allgemein abgelehnten Astrologie, aus der Zeit ihres Verfalles, ohne jeden astronomischen Wert. Auch in der Geographie haben die Wendekreise so wenig wie die Polarkreise mit Krebs und Steinbock zu schaffen. Leider werden in dem teuren amtlichen Material, aus dem die Kalenderverleger ihre astronomischen Spalten füllen, diese unnützen und sinnlosen Zeichen immer noch konserviert[1]).

Neu hinzugefügt sind die Knoten der Ebene des Saturnringes. Sie lassen erkennen, ob der Ring bei jeder Stellung des Saturn als schmale Linie oder als breite Ellipse erscheint. Bildet die Bahn an der Stelle, wo Saturn den einen Knoten passiert, eine einfache Linie, so findet das Verschwinden des Ringes einmal statt, dreimal wenn die Bahn dort zu einer Schleife ausgezogen ist.

Die Stellung der unteren Planeten, Merkur und Venus, zur Sonne ergibt sich am deutlichsten aus Karte VIII. Merkur war

[1]) Die vollständige Erklärung der astronomischen Tafel erscheint unter dem Titel Die Bahnen der beweglichen Gestirne im Jahre 1909 im Verlage von Julius Springer und ist durch jede Buchhandlung sowie von der Verlagshandlung zu beziehen. Der Preis beträgt M –,40; für 10 Exemplare M 3,–; für 20 Exemplare M 5,50.

[2]) Ein Fehler im Text der letzten Jahrgänge, den Orion betreffend, wurde von Herrn Kahle in Bochum bemerkt.

[1]) Sie bilden ein Gegenstück zu dem unnützen und sinnlosen Begriff „Deutliche Sehweite", gegen den kürzlich V. Dvořak, Zeitschr. f. phys. u. chem. U. XXI, eine lehrreiche Kritik gerichtet hat.



im Jahre 1908, wie angekündigt, am 8. Juni wenn auch nicht mit bloßem Auge, so doch mit einem Feldstecher zu erkennen. Er stand dem Mars so nahe, daß man beide zugleich in einem Fernrohr von $\frac{1}{2}^0$ Gesichtsfeld sah. Mangelt ein parallaktisches Fernrohr mit Teilkreisen, so stellt man den Stern mit dem Theodoliten nach Höhe und Azimut ein. Da es beschwerlich ist, diese Koordinaten jedesmal zu berechnen, so sind mir zwei Tafeln mit doppeltem Eingang nützlich, aus denen sie als Funktion von δ (zwischen $+30^0$ und -30^0) und von t, dem Stundenwinkel, zu entnehmen sind. Eine verbreitete Zeitung ermahnte in einem Artikel: „Der Himmel im Monat Juni" ihre Leser, sich jene astronomische Ergötzung nicht entgehen zu lassen, sie sollten eifrig an der Hand einer Sternkarte die Zwillinge zwischen δ und ϵ (3. Größe!) nach dem Fremdling Merkur durchmustern. Das erinnert an den Schreibtisch, aber verrät keine Bekanntschaft mit Beobachtungen in freier Luft. Zur Durchmusterung der Zwillinge empfiehlt sich nicht der Juni, sondern ein Winterabend, von δ und ϵ ist im Sommer in heller Dämmerung nahe dem Horizont nichts zu erkennen. Der Vorschlag könnte von dem arabischen Astronomen stammen, der den Vollmond am Himmel durch seine Stellung zum Reiterlein kenntlich machen wollte, was Veranlassung zu dem Sprichwort gab: Vidisti Alkor, sed non vidisti lunam plenam. Im Jahre 1909 liegt die günstigste Zeit in der Nähe des 20. Mai.

Die Einrichtung der **Mondbahn** in Karte VII ist seit 1906 vereinfacht und verbessert. Es sei der Mondort für *Dezember 26; 6ʰ nachmittags* zu finden. Das ist nach italienischer Bezeichnungsweise *Dezember 26ᵈ 18ʰ* oder *Dezember 26,8ᵈ*. Man suche die Monats-Epoche XII, sie steht 7,2 Tagereisen vom Frühlingspunkt entfernt. Dann steht der mittlere Mond bei XII + 26,8ᵈ = 34,0ᵈ oder, nach Weglassung eines Umlaufs von 27,3ᵈ, bei 6,7 Tagereisen oder 88° Länge. Dazu findet man als Korrektionen 1. aus der Kurve der Mittelpunkts-Gleichung + 6° für die Länge, 2. aus der „Mondbahn" oder „Breitenkurve" + 2° für die Breite, also steht der Mond in 94° Länge, 2° Breite, d. h. in den Zwillingen nahe ϵ und μ.

Es ist empfehlenswert, die **geozentrische Bahn eines Planeten** angenähert zu konstruieren, indem man die als konzentrische Kreise anzunehmenden heliozentrischen räumlichen Bahnen nach Tagen einteilt und dann die Fahrstrahlen, die von der Erde zu dem Planeten führen, nach Größe und Richtung an einen festen Punkt überträgt. Die folgende Tabelle liefert für eine bequeme Epoche die notwendigen Konstanten.

•	Mittlere Länge 1909 Jan. 0. 0ʰ	Änderung der mittleren Länge in 365ᵈ (U. = Umlauf)	Radius der Bahn
Merkur ☿	307,60°	4 U. 53,72°	0,39
Venus ♀	208,24°	1 U. 224,79°	0,72
Erde ♁	98,98°	359,76°	1,00
Mars ♂	216,07°	191,29°	1,52
Jupiter ♃	151,25°	30,35°	5,20
Saturn ♄	16,67°	12,23°	9,54
Uranus ♅	282,80°	4,30°	19,2
Neptun ♆	104,80°	2,20°	30,1

Die Abweichung der mittleren von der wahren Länge kann beim Merkur 23° betragen, beim Mars 11°, bei Jupiter, Saturn, Uranus 6°, bei den übrigen Planeten bis 2°.

Die Epoche „Jan. 0" bedeutet den Anfang des Tages, welcher dem Tage „Jan. 1" voraufgeht, also „31. Dez. 0ʰ, Mitternacht". Dies wird bei konsequenter Durchführung der italienischen Stundenbezeichnung notwendig.

Den **Mondort** kann man fast auf einen Grad genau berechnen, wenn man die Zeiträume kennt, in welchen der Mond zum Frühlingspunkt, zum aufsteigenden Knoten, zum Perigäum zurückkehrt (tropischer Monat M_1, Drachenmonat M_2, anomalistischer Monat M_3), und je eine Epoche, d. h. einen Zeitpunkt, wann der Mond in einem dieser drei Punkte stand.

	Dauer	Epoche 1908 Dez.
Trop. Monat M_1	27,322ᵈ	29ᵈ 22ʰ
Drachenm. M_2	27,212ᵈ	9ᵈ 4ʰ
Anom. M. M_3	27,555ᵈ	28ᵈ 11ʰ

Es sei zu bestimmen der Mondort für 1908 Dez. 26ᵈ 18ʰ. Man berechne die seit den Epochen vergangenen Zeiten erst in Tagen, dann in Monaten der zugehörigen Art:

$$T_1 = 361^d\ 20^h = 13{,}244\ M_1$$
$$T_2 = 382^d\ 14^h = 14{,}059\ M_2$$
$$T_3 = 363^d\ 7^h = 13{,}185\ M_3.$$

Die entsprechenden durchlaufenen Bogen sind, von vollen Umläufen abgesehen,

$$\psi_1 = 0{,}244\ U. = 88^0$$
$$\psi_2 = 0{,}059\ U. = 21^0$$
$$\psi_3 = 0{,}185\ U. = 67^0.$$

Dann ist die mittlere Länge des Mondes $= \psi_1$, die Breite $= 5^0 \sin \psi_2 = 2^0$, die Mittelpunkts-Gleichung $= 6{,}3 \sin \psi_3 = 6^0$. Folglich ist die wahre Länge $= 94^0$, die Breite $= 2^0$. Die genauen Werte mit Rücksicht auf die Störungen sind 93° und 3°.

Himmelserscheinungen im Februar und März 1909.

☿ Merkur, ♀ Venus, ⊙ Sonne, ♂ Mars, ♃ Jupiter, ♄ Saturn, ☾ Mond, 0^h = Mitternacht.

		Februar						März					
		2	7	12	17	22	27	4	9	14	19	24	29
☿	AR	22^h 0^m	21.51	21.29	21.10	21. 1	21. 4	21.16	21.34	21.56	22.21	22.48	23.17
	D	− 10°	− 10°	− 11°	− 13°	− 14°	− 15°	− 16°	− 15°	− 14°	− 12°	− 10°	− 7°
♀	AR	19^h 35^m	20. 1	20.27	20.53	21.18	21.43	22. 7	22.31	22.55	23.18	23.41	0. 4
	D	− 22°	− 21	− 20	− 18	− 17	− 15	− 13	− 11	− 8	− 6	− 4	− 1
⊙	AR	21^h 2^m	21.22	21.42	22. 2	22.21	22.40	22.58	23.17	23.35	23.54	0.12	0.30
	D	− 17°	− 15	− 14	− 12	− 10	− 8	− 7	− 5	− 3	− 1	+ 1	+ 3
♂	AR	16^h 57^m	17.12	17.26	17.41	17.55	18.10	18.24	18.39	18.54	19. 8	19.23	19.37
	D	− 23°	− 23	− 23	− 23	− 24	− 24	− 24	− 24	− 23	− 23	− 23	− 22
♃	AR		10.56		10.52		10.47		10.42		10.38		10.34
	D		+ 8		+ 9		+ 9		+ 10		+ 10		+ 11
♄	AR	0^h 26^m						0.38					
	D	0°						+ 2					
⊙	Aufg.	7^h 43^m	7.35	7.26	7.16	7. 5	6.55	6.43	6.32	6.20	6. 9	5.57	5.45
	Unterg.	16^h 45^m	16.54	17. 4	17.14	17.23	17.32	17.42	17.51	18. 0	18. 9	18.17	18.26
☾	Aufg.	13^h 41^m	19. 9	—	5.40	8.28	10.16	14.40	20.23	1. 9	5.42	7.26	10.22
	Unterg.	6 8	8.49	10. 3	13. 1	20.14	1.47	6.11	7.40	9.14	14.36	22. 4	2.55
Sternzeit im mittl. Mittg.		20^h 48^m 0^s	21. 7.43	21.27.25	21.47. 8	22. 6.51	22.26.34	22.46.17	23. 5.59	23.25.42	23.45.25	0. 5. 8	0.24.50
Zeitgl.		+ 13^m 52^s	+ 14 18	+ 14.25	+ 14.13	+ 13.44	+ 12.59	+ 12. 0	+ 10.49	+ 9.29	+ 8. 2	+ 6 32	+ 5. 1

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Frühlingsanfang am 21. März, 7^h 13^m M.E.Z.

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
	Febr. 20, 11^h 52^m März 21, 21^h 11^m	Febr. 27, 3^h 49^m März 28, 17^h 49^m	Febr. 5, 9^h 25^m März 7, 3^h 56^m	Febr. 13, 13^h 47^m März 15, 4^h 42^m

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im Februar	unsichtbar	anfangs für kurze Zeit noch morgens sichtbar, von Mitte d. Monats ab unsichtbar	zuletzt nur noch 1¾ Std. lang tief im SO morgens sichtbar	die ganze Nacht hindurch sichtbar. Opposition am 28.	abends zuletzt nur noch 1½ Stunden in den Fischen sichtbar
im März	unsichtbar	unsichtbar	die Sichtbarkeitsdauer sinkt bis auf 1¼ Stunde	die ganze Nacht hindurch sichtbar	von Mitte des Monats ab unsichtbar

Phänomene der Jupitertrabanten (M.E.Z.):

Febr.	1	23^h	55^m	42^s	III E	März	2	19^h	6^m	22^s	III A	März	17	19^h	57^m	24^s	I A
	6	23	53	55	II E		3	23	47	54	II A		24	21	51	45	I A
	13	21	10	40	I E		8	23	34	41	I A		28	20	53	28	II A
	20	23	4	19	I E		9	23	4	22	III A		31	23	46	13	I A

Veränderliche Sterne (M.E.Z.):

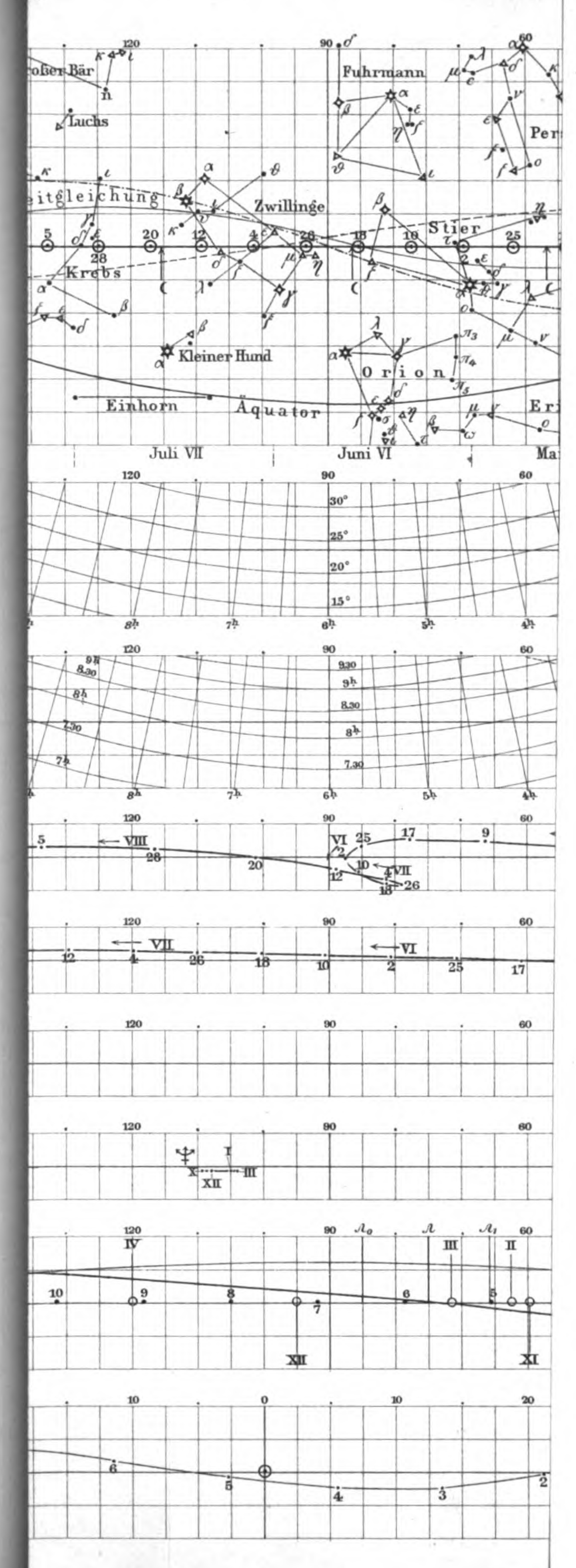
Febr.	1	23^h	δ Cephei-Max.	Febr.	18	17^h 34^m	Algol-Min.
	5	23	δ Cephei-Min.	März	7	22 29	Algol-Min.
	12		R Lyrae-Min.		10	19 18	Algol-Min.
	15	20 45^m	Algol-Min.				

Das **Zodiakallicht** ist im Februar abends am besten zu beobachten.

F. Koerber.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

9



oßer Bär
Luchs
Fuhrmann
Per
itgleichung
Zwillinge
Stier
Krebs
Kleiner Hund
Orion
Einhorn
Äquator
Eri
Juli VII
Juni VI
Ma

Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XXII. Jahrgang. Zweites Heft. März 1909.

Die Demonstration des Coulombschen Grundgesetzes der magnetischen Kraft.

Von
Prof. Dr. **Friedrich C. G. Müller** zu Brandenburg a. H.

Jede experimentelle Behandlung des Coulombschen Grundgesetzes wird in erster Linie dessen möglichst scharfe und unmittelbare Bestätigung ins Auge fassen, nimmer aber mit Versuchen beginnen, welche gegen seine Richtigkeit zu sprechen scheinen. Dies auszusprechen, erscheint nicht überflüssig im Hinblick auf gewisse Schulapparate, welche, wie in den ersten Zeiten der Magnetometrie[1]), die Fernkraft ganzer Magnete in verhältnismäßig kleinen Abständen durch Wägung bestimmen und zu Zahlenreihen führen müssen, aus denen niemand das zugrunde liegende Gesetz herleiten kann. Ebenso selbstverständlich hat der Experimentalunterricht, wenn irgend möglich, den von dem Entdecker des Gesetzes eingeschlagenen Weg einzuschlagen, also in unserm Falle den Einzelpol eines langen und dünnen Magnetstabes auf eine sehr kleine Magnetnadel in relativ großen Abständen wirken zu lassen, um so mehr, wenn ihm zur schulmäßigen Vorführung dieser Methode weit vollkommenere Hilfsmittel als zu Coulombs Zeiten zu Gebote stehen. Dazu gehören namentlich die Lichtzeigernadel und lineare Magnete, die bei jeder gewünschten Länge eine tadellose Magnetisierung gewährleisten.

Was zuerst die Lichtzeigernadel nebst Zubehör in einer für Schulzwecke bewährten, wohlfeilen Ausführung betrifft, so sei an dieser Stelle auf meinen diesen Gegenstand behandelnden Aufsatz im vorigen Heft d. Zeitschr. verwiesen. In bezug auf die dort auch schon erwähnten langen Drahtmagnete mögen hier noch einige Angaben Platz finden. Zu ihrer Anfertigung dient ein in Ringen käuflicher, 2 mm starker Draht aus gutem Werkzeugstahl. Der blanke Draht besitzt infolge des Ziehens eine höhere Koerzitivkraft, als wenn er durch Abschrecken in Wasser gehärtet wäre. Freilich ist er äußerst widerspenstig, kaum zu feilen und schwierig zu richten. Man hat 2 gerade Stäbe von mindestens 2 m Länge nötig. Ihre Magnetisierung geschieht binnen einer Sekunde, indem man sie durch eine kurze und enge, mit mindestens 200 Amperewindungen auf 1 cm betätigte Magnetisierungsspule zieht. Sie werden, und dies ist für das gute Gelingen der Versuche besonders wichtig, durchaus regelrecht magnetisch, strahlen nur an den Enden auf eine Erstreckung von 8 cm Kraftlinien aus, während die ganze übrige Drahtstrecke völlig unmagnetisch erscheint, wie man mittels Eisenpulver leicht feststellen kann. Die Polpunkte liegen 2 cm vom Ende entfernt; die Polstärke ist etwa gleich 30 Einheiten. Diese Magnete werden in vertikaler Richtung so auf die Meßlatte gestellt, daß die Polpunkte der äußerst kleinen Nadel in I. Hauptlage gegenüberstehen. Die schon sowieso ganz unerhebliche störende Wirkung des oberen Pols wird dadurch völlig ausgeschaltet, daß man den Draht so weit hinüberbiegt, daß sein oberes Ende senkrecht über der Nadel liegt. Wie am angeführten Orte

[1]) Vgl. Gehlers phys. Wörterbuch VI, 744 ff.



näher beschrieben, sind die Standpunkte auf der Mittellinie der Meßleiste durch 2 cm tiefe, 2,5 mm weite Bohrungen im gegenseitigen Abstande von 5 cm genau vorgezeichnet, so daß man den Drahtmagneten rein mechanisch einsetzen kann und weiterer Abstandsmessungen überhoben ist.

Obwohl die Drähte schon für sich hinreichende Steifigkeit besitzen, ist es doch bequemer, sie beide auf den Gegenseiten einer Holzleiste von 1 cm ins Quadrat mittels Krammen zu befestigen, und zwar den einen ganz fest, den andern mit einiger Reibung herausziehbar. Die Leiste wird 30 cm kürzer genommen, so daß die Drahtenden beiderseits je 15 cm überstehen.

Die Bestätigung bzw. Herleitung der Formel $k = \mu \mu_1 / r^2$ vollzieht sich in der Weise, daß man erst den Doppelstab in den Abständen 80, 60, 40 cm, dann den Einzelstab für 60, 40, 30 cm in Stellung bringt und die von der Klasse beobachteten und ausgerufenen Ausschläge an der Wandtafel in ein Schema einschreiben läßt.

Das Ergebnis der letzten Versuchsreihe sah beispielsweise so aus:

r	80	60	40	30
a_2	11,1	20,3	44,7	—
a_1	—	10,1	22,2	39,2

Der Apparat arbeitet so schnell und sicher, daß die Ziffern binnen Minutenfrist dastehen. Eine große Zahl solcher zu verschiedenen Zeiten ausgeführten Reihen verlief stets mit der gleichen Sicherheit und mit gleich befriedigender Genauigkeit.

Es steht nichts im Wege, diese Versuche schon auf der Unterstufe vorzuführen, obwohl der theoretische Zusammenhang zwischen Kraft und Nadelablenkung noch nicht erklärt werden kann. Aber man kann die Richtigkeit der Skala dadurch demonstrieren, daß die beiden Magnetpole vereint in allen Lagen den doppelten Ausschlag bewirken wie jeder einzelne von ihnen.

Hieran schließt auf der Oberstufe sich die indirekte Bestätigung nach der Methode von Gauss aus der Gesamtwirkung kurzer Stabmagnete auf die in verhältnismäßig großem Abstande befindliche kleine Nadel. Ich verwende einen Stab aus bestem Wolframstahl von den Abmessungen 10 : 1 : 0,6 cm, welcher senkrecht zur schmalen Fläche durchbohrt und mit Gewinde versehen ist für das Hütchen und zum Einsetzen eines Stifts oder Aufhängehakens. Bei Ablenkungsbeobachtungen befestigt man darin einen kurzen, in die erwähnten Löcher der Meßleiste passenden Stift, mit Hilfe dessen man den Magneten rein mechanisch genau in die bestimmten Abstände bringen und in diesen umdrehen kann. Daher verlaufen die Beobachtungen noch müheloser, schneller und genauer als mit den langen Magneten. So wurden beispielsweise die nachfolgenden Beobachtungen in I. Hauptlage binnen 40 Sekunden gemacht und in das Schema an die Wandtafel geschrieben.

r	45	50	60
a_r	41,7	30,3	17,8
a_l	41.6	30,3	17,8

Mittels des Pendeldynmessers wird unmittelbar vorher binnen 2 Minuten die horizontale Zugkraft des Erdmagnetismus bezogen auf den zu 8,3 cm angenommenen Polabstand l gemessen, und zwar rechts zu 70,6 Dyn, links 70,8, so daß also $k = H\mu = 35{,}35$ ist.

Aus diesen Ziffern ließ sich mittels des Rechenschiebers sofort die Horizontalintensität berechnen

$$H_{45} = 0{,}181 \qquad H_{50} = 0{,}181 \qquad H_{60} = 0{,}179.$$

Um die Berechnung schnellstens erledigen zu können, sind die in den Formeln für die I. und II. Hauptlage steckenden Faktoren

$$\left[r^2 - \left(\frac{l}{2}\right)^2\right]^2 2\,l\,r, \qquad \left[r^2 + \left(\frac{l}{2}\right)^2\right]^{3/2} l$$

für die verschiedenen Abstände berechnet und wie folgt auf einer Papptafel weit sichtbar verzeichnet:

I		II	
r	f	r	f
30	150.	20	995
40	364	30	325.
45	520	40	759
50	715	50	1470
60	124..		
70	198		
880	296		

Nun ist

$$H = \sqrt{\frac{k}{f \cdot a \cdot 2}}.$$

So vorbereitet, kann man die Horizontalintensität in Anlehnung an die klassischen, noch heute von der Wissenschaft benutzten Methoden vor der Klasse und unter Mitarbeit der Klasse binnen 5 Minuten bis auf ein Prozent genau herausbringen. Wir teilen diese Schnelligkeitsziffern mit, um dem Fachmann ein Urteil über die Brauchbarkeit der Methode zu ermöglichen, nicht um einen Rekord aufzustellen. Auch wenn man in aller Ruhe und stets Umschau haltend das Ziel erreicht, so ist die verbrauchte Zeit immer noch klein im Vergleich zu dem Errungenen: Dem Selbsterwerb jener so unfaßbar scheinenden, geheimnisvollen Naturkonstante, welche der Grundstein ist für die ganze Galvanometrie und den Aufbau des absoluten elektromagnetischen Maßsystems. —

Im Zusammenhang mit unserm Thema ist es noch wünschenswert zu untersuchen, bis zu welchem kleinsten Abstande die Fernwirkung eines Magnetpols noch dem Coulombschen Gesetze zu entsprechen scheint. Dieses ist ja ein Punktgesetz. In Wirklichkeit gibt es aber nur mehr oder weniger weit auseinandergezogene Scharen magnetischer Punkte. Nur bei einem haarfeinen Stahldraht liegt die ganze Kraft nahezu im Endpunkte verdichtet. Aber schon bei unseren 2 mm Stäben breitet sie sich 8—10 cm lang aus. Nun ist es aber auf den ersten Blick einleuchtend und durch ein Zahlenbeispiel zu erhärten, daß zwei getrennte magnetische Teilchen A und B auf einen senkrecht zur Mittte von AB seitwärts liegenden Pol M (Vergl. Fig. 2) eine geringere Wirkung ausüben, als wenn sie beide im Mittelpunkte von AB vereint wären. Ihr Anziehungsmittelpunkt liegt also ein wenig hinter der Achse. Es läßt sich nun auch in der im Anhang ausgeführten Weise auf elementarem Wege die von einer mit dem Magnetismus m gleichmäßig belegten Strecke $AB = 2a$ auf einen gegenüberstehenden Pol m_1 ausgeübte Kraft berechnen. Wenn wir den Abstand $r = n\,a$ setzen, ist:

$$k = \frac{m\,m_1}{a^2\,n^2} \cdot \frac{n}{\sqrt{1+n^2}}.$$

Da der im Mittelpunkt von AB verdichtete Magnetismus nach dem Coulombschen Gesetze die Kraft $k_1 = m\,m_1/a^2\,n^2$ ausübt, ist

$$k/k_1 = n/\sqrt{1+n^2}.$$

Darnach berechnet sich z. B. für $n = 2$, 4, 6 diese Verhältniszahl zu 0,89, 0,97, 0,99.

Auch für den Fall, daß AB eine andere, gleiche, mit dem Magnetismus m_1 gleichmäßig belegte Strecke gegenübersteht, ist die Rechnung elementar durchführbar und ergibt, wie unten entwickelt werden wird, wenn wir $r = n \,.\, AB$ setzen

$$k/k_1 = 2n\left[\sqrt{1+n^2} - n\right],$$

also für

$$\begin{array}{llllll} n & = 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ k/k_1 & = 0{,}828 & 0{,}944 & 0{,}973 & 0{,}985 & 0{,}990\,. \end{array}$$

Eine Stricknadel mit einer 6 cm langen Polstrecke würde demnach auf eine andere in der Polwageanordnung in 12 cm Abstand eine scheinbar um 6 % zu kleine Kraft ausüben.

Selbstverständlich gilt dies nur annähernd für einen wirklichen Magneten, da dessen Magnetismus ungleichmäßig auf der Polstrecke verteilt ist. Wenn in diesem Falle die Rechnung versagt, so bleibt uns doch der experimentelle Weg offen. Wir bringen den Pol unserer langen Drahtmagnete in kleinere Abstände, nachdem zuvor, um mit der Skala zu reichen, die Empfindlichkeit der Nadel mittels des Richtmagneten bedeutend herabgesetzt worden. Bei einer Versuchsreihe mit $^1/_8$ Empfindlichkeit ergaben sich z. B. nachfolgende Ziffern:

r	30	20	15	10
a	4,9	10,8	18,4	39,8
$a\,r^2$	440.	432	415	398

Aus diesen und anderen ähnlich verlaufenen Beobachtungen ergibt sich, daß man bei der Bestätigung des Coulombschen Gesetzes mit Drahtmagneten von 2 mm Dicke nicht unter 30 cm Abstand gehen darf, und daß die scheinbare Abweichung vom Coulombschen Gesetze bei 10 cm Abstand etwa 10% beträgt.

Es lag mir daran, die analoge Abweichung auch an einer Polwage festzustellen. Diese sollte aber, um die Störung durch den Fernpol auszuschließen, Magnetstäbe von nicht weniger als 1,5 m Länge erhalten, von denen der eine als Wagebalken auszubilden wäre, und zwar bei symmetrischer Achsenlage, bei der, im Gegensatz zu der unsymmetrischen, das erste Korrektionsglied verschwindet. Allerdings sah ich davon ab, hierbei obigen Stricknadeldraht zu verwenden, weil dann eine Empfindlichkeit von 0,1 mg erforderlich wird, die jenseits der Grenzen meiner Experimentierkunst liegt. Ich wählte 20 : 3,5 mm-Flachstahl. Die Stäbe nahmen, weil dunkelrot fertig gewalzt, sehr kräftigen Magnetismus an. Leider dehnt sich die Polregion schon auf 30 cm aus. Mit der Lichtzeigernadel wurden die Pollagen bei 6,7 cm Endabstand und die Polstärke auf 460 Einheiten festgestellt. Ihre Zusammenstellung zur Polwage ist aus Fig. 1 ersichtlich. Die Achse besteht aus einem 4 cm langen Stück Stricknadel und ist unter dem flachliegenden Stabe festgelötet. Infolge des

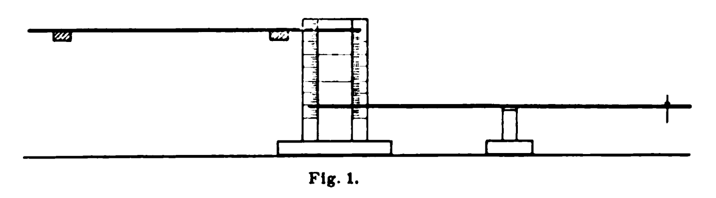


Fig. 1.

Durchhangs, den man durch vorsichtiges Biegen passend ändern kann, bildet sich stabiles Gleichgewicht heraus. Die Pfanne besteht aus zwei Stückchen Spiegelglas, die, genau in einer Ebene liegend, horizontal auf einen Holzklotz gekittet sind. Die wirkenden Enden der Stäbe sind mit Zeigern versehen, welche dicht vor zwei auf einem gemeinsamen Vertikalbrett befestigten Millimetermaßstäben spielen. Durch ein aufgeklemmtes Blechgewicht wird der Balken genau ins Wagerechte gebracht. Die Empfindlichkeit dieser Polwage war derart, daß 2,5 mg, auf die Polstelle gelegt, noch

deutlichen Ausschlag gaben. Gewogen wurde mit Dezigrammstücken und einem 0,1-Reiter.

Der feste Stab ruht auf verstellbaren Balken zweier eisenfreier Stative. — Einige mit diesem Apparat erhaltene Ziffern sind in nachfolgender Tabelle vereint, worin k die an den Polpunkten wirksamen Kräfte in Zentigrammen bedeutet.

r	30	20	15	12,6
k	21	42	62	80
	20	41	63	80
	21	42	—	—
$k r^2$	189..	168	140	127
μ	435	410	374	356

Hier erscheinen die Abweichungen nicht nur absolut genommen, sondern auch relativ weit größer als bei den vorhin untersuchten Wechselwirkungen zwischen dem Polende eines Drahtmagneten und der Lichtzeigernadel. Selbst für 30 cm Abstand ist der für μ aus der Formel $\mu = r \sqrt{k}$ errechnete Wert im Verhältnis 460 : 435, also um 5,5 %, zu klein.

Bei den geschilderten Polwageversuchen wurde ich darauf aufmerksam, daß sich mit einem balancierenden Stabmagneten die Vertikalintensität des Erdmagnetismus durch Ummagnetisieren leicht und anschaulich bestimmen läßt. Die Stäbe nehmen ja, wenn man sie wiederholt im umgekehrten Sinne durch die Magnetisierungsspule zieht, immer ziemlich genau dieselbe Polstärke an. Es ist nun leicht einzusehen, daß, der vorher einspielende Stab nach einer Ummagnetisierung mit einer Kraft, die das 4-fache des Produkts μV ist, aus dem Gleichgewicht gebracht werden wird. Bei unserm Stabe mußten 0,85 g auf die Polstelle gelegt werden, wenn die Wage wieder einspielen sollte. Danach ergibt sich $r = 850/4 . 460 = 0,46$. — Es ist wirklich schade, daß man die richtige Polstärke 460 nicht an der Wage selbst erhält, und daß die von der Polwage bezweckte vereinfachte Magnetometrie an der unabwendbaren natürlichen Beschaffenheit der Magnete scheitert.

Zur Beurteilung der Polwage gehört auch noch die Frage, ob die beobachteten großen Abweichungen vom Coulombschen Gesetze aus einer zeitweiligen gegenseitigen Schwächung der Magnete zu erklären sind. Eine solche Influenz ist behauptet und bestritten worden. Deshalb beschloß ich, mir durch direkte Versuche nach dieser Richtung hin Aufklärung zu verschaffen. Zunächst sind die oben zur Bestätigung des Coulombschen Gesetzes mitgeteilten Ziffern auch hier entscheidend. Sie enthalten die Tatsache, daß die beiden gleichen Drahtmagnete, dicht nebeneinandergestellt, die doppelte Wirkung eines einzelnen haben. Als man einen etwas schwächer gemacht hatte, entsprachen die Ablenkungen bei gleicher Pollage der Summe, bei ungleicher der Differenz der Einzelablenkungen. Auch zwei nur 20 cm lange, aus diesem Draht hergestellte Magnetstäbe verhielten sich nicht anders. Ferner bewirkten zwei 5 mm dicke und 1,5 m lange Stäbe aus gewalztem Gußstahl selbst bei gegenseitiger Berührung Ablenkungen gleich der algebraischen Summe der Einzelwirkungen.

Dagegen lenkten 2 Stricknadeln, welche einzeln im Abstande von 40 cm die Ausschläge 13,9 und 14,4 bewirkten, zusammengelegt nur auf 27,3 ab; zusammen mit 1 cm Zwischenraum auf 27,6. Es zeigt sich also als Folge der geringeren Stahlqualität eine mäßige gegenseitige Schwächung, die aber schon bei 3 cm Zwischenraum unmerklich wird. Bei der Stricknadelpolwage, wo weit größere Abstände vorgeschrieben sind, fällt die gegenseitige Influenz demnach außer Betracht.

Im Gegensatz zu den Drahtmagneten bleibt bei Magneten größeren Querschnitts die Summenwirkung bedeutend zurück. Zwei alte Stabmagnete unserer Sammlung,



30 : 2,7 : 0,6 cm, gaben aus 100 cm Abstand einzeln die Ablenkungen 12,2 und 10,8, platt aufeinanderliegend zusammen 18,2, hochkant aufeinander 19,6; mit 2 cm Zwischenraum platt nebeneinander 20,0. In Übereinstimmung mit diesen Beobachtungen steht auch die Tatsache, daß diese Magnete sich bei gleichen Abständen gegenseitig weit stärker anziehen als abstoßen. Als ein Stab auf der Klassenwage tariert worden und man den andern mit befreundetem Pol in 1,2 cm Abstand in Polwageanordnung darüber anbrachte, ergab sich eine Anziehung von 6,50 g, wogegen der feindliche Pol nur mit 1,85 g abstieß. Bei 7 cm Abstand ergab ein ähnlicher Versuch 0,53 und 0,48 g.

Diese gegenseitige Schwächung ist um so bedeutender, je größer beide Querdimensionen der Stäbe sind. Aber sie zeigt sich auch bei Blattmagneten. Beispielsweise bewirkten zwei magnetisierte Streifen Stahlblech — 16 : 1 : 0,05 cm — platt aufeinanderliegend 29,4 Skalenteile Ausschlag, einzeln 16,2 und 16,4; zusammen mit 1 cm Zwischenraum 31,2, mit 2 cm Zwischenraum 32,2. —

Obwohl ich nach dieser Richtung hin noch viele Versuche ausgeführt habe, nehme ich von weiterer Mitteilung der stellenweise ganz interessanten Ergebnisse Abstand, weil sie für die Beurteilung der heute erörterten Frage keine neuen Anhalte mehr bieten.

Anhang.

I. Fernwirkung einer mit Magnetismus von der Dichte μ gleichmäßig belegten Strecke $AB = 2a$ (Fig. 2) auf einen in der Mittelsenkrechten im Abstande $r = na$ befindlichen Polpunkt M von der Stärke μ_1.

Die Kraft zwischen dem Element dx und μ_1 ist $\mu\mu_1\ dx/\varrho^2$. Für ihre senkrecht gegen AB gerichtete Komponente gilt $dk = \mu\mu_1/\varrho^2 \cdot dx \sin\alpha = \mu\mu_1/\varrho^2 \cdot \varrho\, d\varphi = \mu\mu_1/\varrho \cdot d\varphi = \mu\mu_1/r \cdot d\varphi \cos\varphi = \mu\mu_1/r \cdot d \sin\varphi$. Demnach ergibt sich für die Summe aller Kraftelemente ohne weiteres

$$1) \quad k = 2\mu\mu_1/r \cdot \sin\varphi .$$

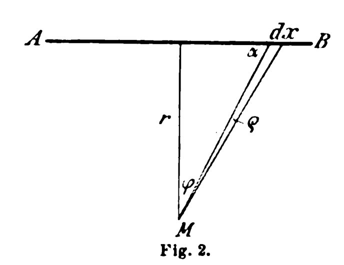
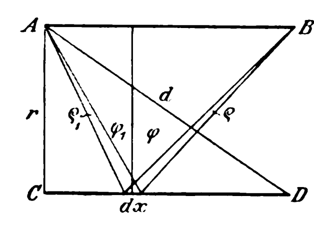


Fig. 2.



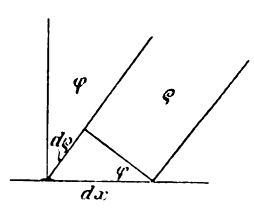


Fig. 3.

Sei nun der Gesamtmagnetismus von AB gleich m, also $\mu = m/2a$, so wird, wenn wir $r = na$ und für $\sin\varphi = a/\sqrt{a^2 + n^2 a^2}$ setzen:

$$2) \quad k = \frac{m\mu_1}{n^2 a^2} \cdot \frac{n}{\sqrt{1 + n^2}} .$$

Da nun der erste Teil dieses Ausdruckes die nach der Coulombschen Formel für den Mittelpunkt von AB berechnete Kraft k_1 ist, folgt:

$$3) \quad k/k_1 = n/\sqrt{1 + n^2} .$$

Für $n = 2, 4, 6, 8$ sind die zugehörigen Werte von $k/k_1 = 0{,}89,\ 0{,}97,\ 0{,}99,\ 0{,}99$.

II. Fernwirkung einer mit Magnetismus von der Dichte μ gleichmäßig belegten Strecke $AB = a$ (Fig. 3) auf eine gleichlange, ihr parallel gegenüberliegende CD mit der Dichte μ_1.

Die von AB auf ein Element dx der Strecke CD ausgeübte Kraft ist nach Gleichung 1)

$$dk = \mu\mu_1\, dx/r \cdot \sin\varphi + \mu\mu_1\, dx/r \sin\varphi_1 .$$

Da nun, wie die Nebenfigur deutlicher zeigt, $dx \sin \varphi = d\varrho$ und $dx \sin \varphi_1 = d\varrho_1$, wird

$$dk = \mu \mu_1 / r \, [d\varrho + d\varrho_1].$$

Die Summe aller $d\varrho$ sowie die aller $d\varrho_1$ ist aber gleich $(d - r)$, mithin

4) . . . . $k = 2 \frac{\mu \mu_1}{r} (d - r)$.

Seien die Gesamtmagnetismen m und m_1, also $\mu = m/a$; $\mu_1 = m_1/a$, und werde r wiederum gleich na gesetzt, so ergibt sich

5) . . . . $k = \frac{m m_1}{a^2 n^2} 2 r \left[\sqrt{1 + n^2} - n\right]$.

6) . . . . $k/k_1 = 2n \left[\sqrt{1 + n^2} - n\right]$.

Hieraus berechnet sich für

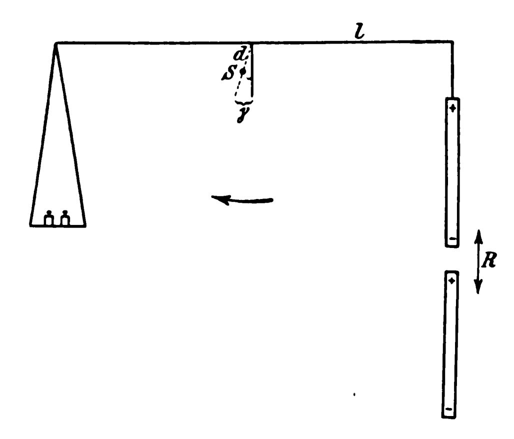
n	= 1	2	3	4	5
k/k_1	= 0,828	0,944	0,973	0,985	0,990.

Über die Pole von Magneten.

Von

Oberlehrer Dr. **Paul Schulze**, Gardelegen.

Die Abhandlung von Prof. Dr. RUOSZ (ds. Zeitschr. *XXI*, *304*) veranlaßt mich, eine Methode zur Bestimmung des Polabstandes für Magnete bekannt zu geben, die F. RICHARZ und ich[1]) vor einigen Jahren benützten, als wir die Schwingungen einer Wage untersuchten, an welcher an Stelle der einen Wagschale ein senkrecht herabhängender Magnet befestigt war, unter den ein zweiter in dessen Verlängerung aufgestellt wurde.



Versetzt man die Wage in dieser Anordnung (siehe Fig.) in Schwingungen, so zeigt schon ein oberflächlicher Anblick, daß dieselben unsymmetrisch sind, d. h. ist der Ausschlag des Zeigers nach der einen Seite (Richtung des Pfeiles) gleich ϑ, so ist der entsprechende nach der anderen Seite größer oder kleiner als ϑ, so daß man setzen kann:

$$\alpha = -\vartheta + \varepsilon.$$

Die theoretische Berechnung führt nun zu folgender Bestimmungsgleichung für ε:

$$\varepsilon = \frac{2 R^2 B - 2 R^2 \sqrt{BE} - 4 B \sqrt{E} \cdot l \sin \vartheta}{R^2 C - 2 l C \sqrt{E} \sin \vartheta - 2 l B \sqrt{E} \frac{\sin(\gamma - \vartheta)}{\sin \gamma}},$$

worin für B, C, E folgende Werte zu setzen sind:

$$B = R^2 + 2 l R \sin \vartheta + 4 l^2 \sin^2 \frac{\vartheta}{2},$$

$$C = 2 l R \cos \vartheta + 2 l^2 \sin \vartheta,$$

$$E = R^2 - 2 l R \sin \vartheta + 4 l^2 \sin^2 \frac{\vartheta}{2}.$$

[1]) Ann. d. Physik, 4. Folge, Bd. 8, S. 348, 1902.

Beschränkt man sich auf kleine Schwingungen, so daß höhere als zweite Potenzen von ϑ vernachlässigt werden können, so ergibt sich für ε der einfachere Wert:

$$\varepsilon = \frac{\left(\frac{1}{3} + 2\frac{l^2}{R^2}\right)\vartheta^2}{\operatorname{cotg}\gamma - 2\frac{l}{R}}.$$

Darin bedeuten:

l die Länge des Wagebalkens,

γ den Winkel, um welchen der Schwerpunkt der Wage mit der daran hängenden Last durch den daruntergestellten Magneten gehoben wird,

R den Polabstand.

l und γ sind der Messung zugänglich, R jedoch nicht. Die Annahme, daß der Abstand des Poles von den Endflächen gleich $^1/_{12}$ der ganzen Länge des Magneten ist, ist hier offensichtlich unzulässig. Denn beide Pole wirken influenzierend aufeinander ein.

Zur Bestimmung des wahren Polabstandes kann man nun die Asymmetrie der Ablenkungen benützen. Legt man nämlich auf der einen Seite ein kleines Übergewicht δ zu, so dreht sich der Wagebalken um einen gewissen Winkel β_1; dasselbe Übergewicht δ erzeugt, auf der anderen Seite zugefügt, eine Drehung um einen Winkel β_2, welcher von β_1 verschieden ist.

Die Rechnung zeigt nun, daß β_1 und β_2 darstellbar sind durch eine Gleichung:

$$\beta = \mu\,\delta + \nu\,\delta^2,$$

woraus man β_1 und β_2 erhält für $+\delta$ und $-\delta$. Darin sind die Koeffizienten μ und ν folgende:

$$\mu = \frac{l}{q\,d\cos\gamma - 2\,q\,d\,\frac{l}{R}\sin\gamma}$$

$$\nu = \frac{3\,q\,d\sin\gamma\,\frac{l^2}{R^2}\cdot l^2}{\left(q\,d\cos\gamma - 2\,q\,d\,\frac{l}{R}\sin\gamma\right)^3}.$$

Die neu auftretenden Größen q und d bedeuten:

q das Gewicht des Wagebalkens und der Last,

d den Abstand des Schwerpunktes vom Unterstützungspunkt.

Beide braucht man jedoch nicht einzeln zu bestimmen. Vielmehr läßt sich $q\,.\,d$ selbst finden, indem man den zweiten Magneten entfernt und durch ein Gewicht p dasselbe Gleichgewicht wiederherstellt. Dann ist nämlich:

$$q\cdot d\cdot\sin\gamma = p\,l,$$

also:

$$q\,d = \frac{p\cdot l}{\sin\gamma}.$$

Die Koeffizienten μ und ν lassen sich nach der Methode der kleinsten Quadrate finden, indem man für verschiedene Werte δ die entsprechenden Werte von β beobachtet. Sind μ und ν gefunden, so kann der Koeffizient μ nun zur Bestimmung von R benützt werden. Aus:

$$\mu = \frac{l}{q\cdot d\cos\gamma - 2\,q\,d\,\frac{l}{R}\sin\gamma}$$

folgt wegen:

$$q\cdot d = \frac{p\,l}{\sin\gamma}$$

$$\mu = \frac{l}{p\,l\cdot\operatorname{cotg}\gamma - 2\,p\cdot l\,\frac{l}{R}}$$

oder:

$$R = \frac{2 p \cdot l \cdot \mu}{\mu\, p \operatorname{cotg} \gamma - 1}.$$

Für eine Messungsreihe ergaben sich folgende Resultate:

$$p = 1{,}35$$
$$l = 200$$
$$\mu = 0{,}0595$$
$$\operatorname{cotg} \gamma = 18{,}048$$

mithin:

$$R = 71{,}28 \text{ mm}.$$

Die Endflächen beider Magnete waren 56 mm voneinander entfernt. Jeder Magnet hatte eine Länge von 300 mm. Da ihre Momente nahezu einander gleich waren, so betrug also der Abstand eines jeden Poles von der Endfläche 7,6 mm.

Bei unseren keineswegs sehr feinen Messungen — solche waren für den damaligen Zweck nicht erforderlich — ergab die Benützung des so berechneten Wertes R bei der Untersuchung der Schwingungen eine ausgezeichnete Übereinstimmung mit den Beobachtungen. Für beliebige Werte von ϑ läßt sich nämlich nun unter Benützung des gefundenen Wertes für R der Wert ε berechnen aus der obigen Formel:

$$\varepsilon = \frac{\left(\frac{1}{3} + 2\frac{l^2}{R^2}\right)\vartheta^2}{\operatorname{cotg} \gamma - 2\frac{l}{R}}.$$

Andererseits kann der Wert ε auch aus direkter Beobachtung der Umkehrpunkte gefunden werden. Die gute Übereinstimmung beider zeigt folgende Zusammenstellung:

	berechnet:	beobachtet:
$\vartheta =$	$\varepsilon =$	$\varepsilon =$
0,04771	0,00294	0,00313
0,03859	0,00192	0,00207
0,02856	0,00106	0,00118
0,02047	0,00054	0,00060

Einfache elektrostatische Versuche.

Von

Prof. **H. Rebenstorff** in Dresden.

1. Ist man zum Gebrauche des Elektrophors übergegangen, so kann man die Grunderscheinungen zum zweiten Male etwas drastischer vorführen. Daß große Kugeln von Sonnenblumenmark (von Meiser & Mertig in Dresden, Max Kohl in Chemnitz) vom angehobenen Deckel in Wurfbahnen abspringen, ist gewiß schon oft gezeigt worden. Je nach ihrer Auflagestelle ist die Bahn flacher oder haubitzenartig (s. Fig. 1). Man erkennt, wie die Kraft nahe dem Rande mehr wagerecht, über der Mitte hingegen aufwärts gerichtet ist. Beim mechanischen Wurf dieser leichten Bälle ist der absteigende Ast sehr stark gekrümmt. Jetzt erscheinen die Äste symmetrisch, da die Abstoßung länger wirkt. Gut erkennbar wird die Bahn durch die Größe der weißen Kugeln und die geringe Hast der Bewegungen.

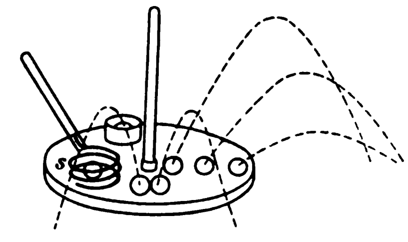
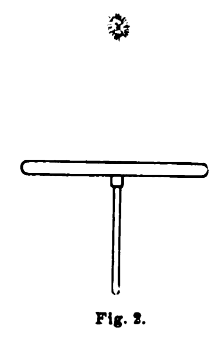


Fig. 1.

2. Inmitten leitender, auf den Deckel gelegter Gegenstände, welche die Kugel überragen, bleibt diese in Ruhe. Legt man die Kugel in eine niedrige Schachtel, so ist sie darin beim Abheben des Deckels vor dem Herausgetriebenwerden sicher, auch wenn sie ein wenig aus der Schachtel herausragt. Befestigt man an einer Siegellackstange einen Draht, den man zu einer weiten Spirale (*s*, Fig. 1) von wenigen Windungen biegt, so bleibt eine in der Mitte liegende Kugel beim gemeinsamen, berührenden Emporheben von Deckel und Spirale in Ruhe[1]). Drückt man mit der Siegellackstange die Windungen herunter, so schnellt die Kugel heraus. (Für das Zurückhalten von Kugeln auf dem Tische, auch bei anderen Versuchen, den Geschossen der Heurekapistole nach Grimsehl usw., empfiehlt es sich, drei aus Blech für den Tischrand zurechtgebogene, etwa 1 m lange Randstreifen zu verwenden, die federnd festsitzen oder noch in der Mitte ihrer Länge mit einer billigen Eisenschraube angedrückt erhalten werden.)

3. Zupft man einen Wattebausch zu einem Scheibchen auseinander, das fallschirmartig nicht zu schnell durch die Luft fällt, so tritt eine eigenartige Bewegung der Flocke auf, wenn man sie auf einen kräftig geladenen und verkehrt aufwärts gehaltenen Elektrophordeckel herabfallen läßt. Nach Berührung der wagerechten Fläche schwebt sie empor. Indem man den Deckel balancierend etwas bewegt, erhält man die Flocke, aber nur etliche Sekunden lang, in der Luft. Offenbar durch Spitzenwirkung an ihren leitenden Fäserchen verliert sie an Ladung, sie eilt dem Deckel zu, alsdann wieder aufwärts und wiederholt das Spiel eine Anzahl von Malen. Ganz anders fällt dieser Versuch mit einem etwa 2 cm breiten Bausch aus den sehr leichten Fruchthaaren der Schwarzpappel aus. Im Juni kann man sich ein Kästchen voll reifer Kätzchen besorgen. Einen Bausch der Haare zieht man davon ab und hindert durch Schließen des Kästchens, daß ein Luftzug den überaus leichten Vorrat verweht. Nicht immer gelingt es sofort, die Flocke auf die Deckelunterseite niederzulassen, ohne daß sie gleich darauf an Hand oder Ärmel fliegt. Man läßt dann höher herabfallen. Nach einmaliger Berührung elektrisiert, bleibt nun eine solche weithin sichtbare Flocke mehrere dm hoch über dem Deckel in der Luft schweben (Fig. 2). Etwas Balancieren ist auch jetzt erforderlich. Mühelos kann man die Flocke beliebig durch die Luft wandern lassen. Hat man sie mit dem Deckel etwas in die Höhe getrieben, so läßt ihr langsames Fallen genügend Zeit, den Deckel wieder neu zu laden. (Um durch den Luftzug die schwebende Flocke nicht mit herabzuziehen, nimmt man den Deckel am besten erst wagerecht darunter fort.) Es ist überraschend, wie lange die Flocke geladen bleibt. Durch Berührung am geladenen Elektroskop erkennt man, daß das feine Haarmaterial leitet. Der haltenden Hand wird die Ladung der Blättchen aber nur ziemlich langsam zugeführt. Man kann wohl annehmen, daß hauptsächlich nur die von den Fingern erfaßt gewesenen mittleren Teile der Haare besser leiten.


Fig. 2.

Um eine auf dem Deckel mit emporgehobene Flocke frei in die Luft zu bringen, greife man von der entgegengesetzten Seite am Handgriff zu. Zweckmäßig dreht man beim Abheben den Deckel schon dicht über dem Kuchen so, daß die Flocke mehr angehoben wird und mehr aus der Anziehung der Tischplatte herauskommt. Die Kraftlinien treiben sie dann senkrechter empor (Fig. 2, *a*). Man kann auch die Flocke durch einen Ebonitstab beim Abheben an den Deckel drücken. Haftet sie beim Losnehmen an dem Stabe, so wird sie meistens beim Anschlagen gegen den Deckel frei und läßt sich leicht zum Schweben bringen.

[1]) Eine solche Spirale an Ebonitgriff liefert Max Kohl in Chemnitz.

4. Prächtig gestaltet sich der Puppentanz dieser Flocken auf dem Tische, wenn man den Elektrophordeckel nähert. Auf ziemlich große Entfernung setzen sie sich in Bewegung und zerfasern dabei infolge Abstoßung der Teile und der Erschütterungen zu langgestreckten Gespensterfiguren. Zum Teil geben diese bald ihre Aufundabbewegung auf, um in Richtung der Kraftlinien die Leiter zu verbinden. Aus der Nähe kann man noch viel mehr von diesen zierlichen Anordnungen sehen.

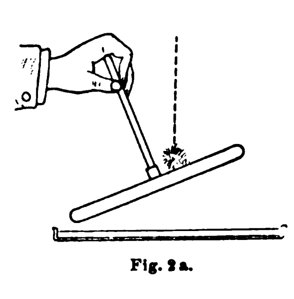


Fig. 2a.

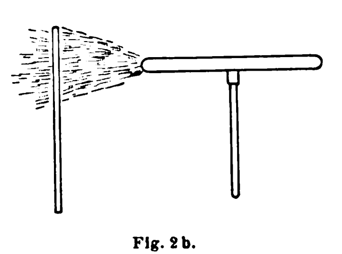


Fig. 2b.

Natürlich wird man im Klassenzimmer mit dem lockeren Material etwas sparsam umgehen; es kann übrigens ganz leicht mit der Bürste vom Rocke wieder entfernt werden. Eine geriebene Ebonitstange nimmt verstreute Flöckchen schnell vom Tische zusammen. Bringt man den geladenen Elektrophordeckel gegen eine solche Stange, so erzielt man eine hübsche Wirkung. Die feinen, aber weithin sichtbaren Flocken zerren sich in Richtung der Kraftlinien nach dem Deckel hin auseinander (Fig. 2, *b*). Ein Teil berührt den Deckel selbst und wird dann auf dem gleichen Wege zurückgeweht. Die Kraftlinien verlängern sich hinter der Ebonitstange durch losgerissene Flockenstrahlen, die ziemlich geradlinig hinausfliegen.

Schnürt man einen etwa 2 cm großen Bausch der leichten Fruchthaare mittels eines Coconfadens schwach zusammen und bringt dessen langes Ende an dem weit vorspringenden Galgen eines großen elektrischen Pendels an, so hat man einen besonders wirksamen Indikator für elektrische Kräfte. Ein Ebonitstab von Kleinfingerdicke treibt nach der Anziehung den Bausch bis zu wagerechter Lage des Coconfadens empor. Bei Annäherung eines elektrisierten Körpers dreht sich der Bausch in eine bestimmte Gleichgewichtslage zu demselben. Bewegt man den Körper, so wendet der Bausch ihm stets gleichsam dieselbe Seite zu. Entgegengesetzte Ladung dreht ihn um etwa 180 Grad. Offenbar gibt es in dem sehr unregelmäßig begrenzten Bausch ein dem Schwerpunkt analoges Kraftzentrum. Das Gewicht eines solchen Bausches ist um mehr als die Hälfte kleiner als das einer etwa gleich großen Flocke lockerer Watte.

5. Als eine sehr bequeme und zuverlässige Vorrichtung zum positiven Laden des Blattelektroskopes konnte ich (ds. Zeitschr. *XIV*, *295*) ein im Glasröhrchen angebrachtes Stück Kollodiumhaut bezeichnen (Fig. 3). Bei einem Durchmesser der Elektroskopkugel von 19 mm bewährte sich eine Außenweite des Gläschens von 25 mm, dessen Wandung etwa $1^1/_4$ mm dick war. Das Röhrchen sei 6—7 cm lang. Es braucht nicht rund zugeschmolzen zu sein. Eine Verengung gibt dem etwa 1 cm langen Kork nach dem Hineinschieben festen Sitz. Das auf der Korkmitte vorher aufgeschmolzene Siegellack wird mit hineingestelltem, erhitztem Glasrohr erweicht, bevor die Kollodiumhaut mit einem schwach erwärmten Reagenzglase hineingeschoben wird. Nötigenfalls wird mit letzterem nochmals angedrückt und das Kollodium festgeschmolzen.

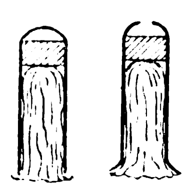


Fig. 3.

Die Wirkung kann so kräftig sein, daß man den Kollodiumlader nur $^1/_2$—1 cm weit über die Elektroskopkugel zu schieben und abzuheben braucht, um die Blättchen bis 90° auseinander zu treiben, und daß diese völlig wagerecht hinterbleiben, wenn man ganz (d. h. 4—5 cm weit) übergestülpt hatte. Die zu erteilende Ladung kann also leicht beliebig bemessen werden. Schwächer ist die Wirkung der Reibung zwischen dem Metall und Kollodium, wenn letzteres eine sehr ungleichmäßige Faltung

im Glasröhrchen besitzt; an Stellen, wo eine einzige zarte Hautschicht die Kugel von dem etwas leitenden Glase trennt, tritt teilweise Entladung ein (vgl. Nr. 7). Mit schwächer wirkenden Ladern elektrisiert man kräftig, wenn man sie einige Male über der Kugel schnell auf und ab oder drehend bewegt. Ein solcher Kollodiumlader wurde während 6 Jahren sehr oft benutzt, ohne Schaden zu nehmen.

Die Vorrichtung ist gleichsam das Gegenstück zur Probekugel, die ja der Elektroskopkugel ebenso bequem und zuverlässig abstufbare negative Ladungen zuführt, nachdem sie an Tuch oder Pelz gerieben war. In der elektrostatischen Spannungsreihe steht Katzenfell am positiven, Kollodium am negativen Ende.

Hinzugefügt sei, daß bei nur einigermaßen zentralem Überstülpen die Kollodiumhaut den Glaswänden ringsherum angedrückt bleibt. Bei unverletzter Haut ist das Elektroskop vom Glase des Laders isoliert. Natürlich darf der Lader nicht zu lang sein, und der Verschluß der Elektroskopflasche darf höchstens von den Spitzen der Kollodiumhaut berührt werden. Nach einiger Ruhezeit des Laders wirkt er, wie ja auch sonst beim Elektrisieren durch Reibung zu beobachten ist, anfangs etwas schwächer. Ist das Kollodium erst elektrisch, so schmiegt es sich der Metallkugel inniger an, so daß bei jedem folgenden schwachen Reiben kräftig elektrisiert wird.

6. Bringt man den Kollodiumlader, durch dessen Abheben die Blättchen zum starken Spreizen gebracht waren, wieder über die Kugel, so fallen sie wieder zusammen. Hierdurch kann gezeigt werden, daß durch Reibung gleiche Mengen entgegengesetzter Elektrizität entstehen. Ein minder kräftig wirkender Lader läßt die wichtige Tatsache so bequem und deutlich, wie überhaupt möglich ist, erkennen. Wird sehr kräftig elektrisiert, so treten Verluste ein, und nach erneutem Überstülpen des Laders ist das Elektroskop mehr oder weniger positiv geladen. Wurde vor dem erneuten Überstülpen die Kugel ableitend berührt, so ist hinterher negative Ladung bemerkbar.

Bei übergestülptem Lader kann man ein Elektroskop beliebig durch Mitteilung oder Verteilung positiv oder negativ laden und entladen. Das gewöhnliche Glas ist ein so guter Halbleiter, daß alles ebenso wirkt, wie wenn die Metallkugel selbst berührt wäre. Nur wenn nach einem derartigen Laden des Elektroskopes der Lader isoliert, etwa durch Zugreifen mit der Ebonitklammer der Photographen abgehoben wird, hinterbleibt nach negativem Aufladen ein sehr geringer, nach positivem ein besonders starker Spreizzustand der Blättchen, da sich die durch Reibung entstehende Ladung entweder subtrahiert oder addiert.

7. Zieht man ein Stückchen Kollodiumhaut zwischen zwei ausgestreckten Fingern hindurch, so wird es zwar darnach von der Elektroskopkugel angezogen und macht die Blättchen stark spreizen; wird aber das anhaftende Membranstückchen von der Kugel abgezogen, so ist das Elektroskop wieder völlig unelektrisch. Eine mit dem Elektroskop verbundene Spitze aber nimmt die negative Ladung des Kollodiums leicht auf. Bringt man quer über dem Ende einer Siegellackstange eine Stecknadel an, legt ihr Köpfchen an die Kugel und nähert das geriebene Kollodium bis auf etwa 1 cm, so ist nach dem Fortnehmen das Elektroskop negativ geladen. Ferner verbleibt es positiv geladen, wenn man ein an der Kugel haftendes Membranstückchen dort, wo es das Metall berührt, mit dem Finger oder einem Metallstück betupft, und wenn man hierauf das Kollodium von der Kugel zieht. Trotzdem also das isolierende Kollodium die beiden freilich einander sehr nahen Leiter trennt, wird freie Elektrizität scheinbar abgeleitet, in Wirklichkeit werden aber wohl nur zu beiden Seiten des Kollodiums sich bindende Ladungen kondensatorartig angehäuft. Eine Durchbrechung der Haut durch die so schwach gespannten Ladungen hätte natürlich die gleiche Wirkung. Den gleichen scheinbaren oder wirklichen Durchgang von Elektrizität durch die $^1/_{100}$—$^1/_{200}$ mm dicke Kollodiumhaut erkennt man, wenn man ein Stückchen davon über die Elektroskopkugel breitet und auf der andern

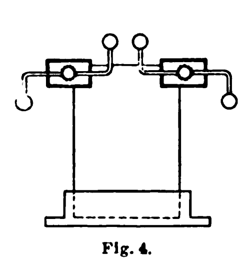


Seite z. B. eine schwach geriebene Probekugel auftupft. Der hinterher an die gleiche Stelle gedrückte Finger nimmt die Ladung wieder fort. Die Kollodiumhaut muß natürlich an der Berührungsstelle glatt und nicht zerknittert sein, wie die Ballons des Handels es meistens sind.

Mit dünner Gummimembran fallen die Versuche ähnlich aus. Wegen der größeren Dicke der Gummihaut ist die kondensatorartige Bindung der Ladungen auf ihren beiden Seiten weniger ausgedehnt als an Kollodiumhaut. Nimmt man eine elektrisierte Probekugel von der mit Gummi bedeckten Elektroskopkugel wieder fort, so bleiben zwar die Blättchen getrennt, aber erheblich weniger stark, als während des Anliegens der Probekugel.

8. Um für diese und andere Versuche sehr schwache oder stärkere Ladungen beider Arten längere Zeit verfügbar zu haben, kann man den Ebonitkondensator von Grimsehl (ds. Zeitschr. *XXI*, *3*) bequem verwenden, an dessen Metallecken zwei Schrauben angebracht sind, in denen kugeltragende Drähte im gewünschten Abstande voneinander festgeklemmt werden können (Fig. 4). Ein kleines, aus Brettchen oder Blech hergestelltes Fußgestelle nimmt den Kondensator auf, wenn man ihn geladen aus der Hand lassen will. Ein winziger Funke, den man an die eine Metallecke bringt, während man die andere anfaßt, gibt genügende Ladung, um bald die eine, bald die andere Elektrizitätsart, z. B. für die vorhin beschriebenen Versuche, abgeben zu können. Verwechslungen verhütet ein + Zeichen an der einen Ecke. Die anderen Enden der verstellbaren Drähte sind ebenfalls mit Kugeln versehen, die auch als Gegengewichte Drehungen der nicht ganz festgeschraubten Drähte hindern.

Der so vorgerichtete Kondensator ist besonders bequem und sicher für Entzündungszwecke verwendbar. Schon am Bunsenbrenner zeigt sich dies. Während der Funke eines Elektrophordeckels nicht jedesmal das ausströmende Gas entzündet, wurde bisher kein Ausbleiben dieser Wirkung bemerkt, wenn der mit etwa 3 Funken am Elektrophor geladene Kondensator mit der einen Kugel an die Mündung der Brennerröhre gebracht und mit senkrecht darüber befindlicher anderer Kugel nach unten bewegt wurde. Zeitersparend ist auch die Verwendung zur Zündung im Eudiometer. Nachdem ein Schüler den Kondensator geladen, berührt man den einen Platindraht mit der einen Kugel und dreht zugleich, bis die anderen Metallteile durch den Funken überbrückt werden. Nach kräftiger Ladung kann der Kondensator bequem für beide Arten Lichtenbergscher Figuren benutzt werden. Zur Erhaltung der Isolation des Ebonits bewahrt man den Kondensator im Dunkeln auf[2]).


Fig. 4.

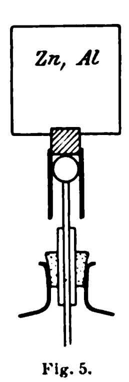


Fig. 5.

9. Ohne zeitraubendes Auf- und Abschrauben bringt man für lichtelektrische Versuche dünne Zinkblechplatten auf dem Elektroskope an, wenn man zylindrische überstülpbare Aufsätze verwendet, die aus rechteckigen Abschnitten einer 2 mm dicken Bleiplatte hergestellt sind. Über einem Holzzylinder von passender Weite biegt man sie zurecht, so daß die Elektroskopkugel gerade hineingeht, und ein in Stanniol gehüllter Kork einige mm weit in den Bleizylinder fest eingesetzt werden kann (Fig. 5). Der Spalt im Zylinder braucht nicht verlötet zu werden. Das Stück amalgamierten Bleches klemmt man in einen senkrecht in den Kork (nach dem Überziehen mit Stanniol) gemachten Messereinschnitt. Soll es für senkrechten Einfall von Sonnenstrahlen schräg stehen, so biegt man das kinderhandgroße Blechstück

---

[1]) Siehe Rebenstorff, Über Eigenschaften der Kollodiummembran. Sitzungsber. d. naturw. Ges. Isis zu Dresden, 1904, S. 15 ff.

[2]) Den vorgerichteten Kondensator liefert M. Kohl in Chemnitz.

vor dem Amalgamieren hierfür zurecht. Auch Klempner verwenden Zinkblech von nur 0,2 mm Dicke.

Ist das Zimmer sonnenbeschienen, so verlangsamt ein den Fenstern entgegen vor dem Elektroskop aufgestellter Schirm das dann schon im zerstreuten Lichte auftretende allmähliche Zusammenfallen der negativ geladenen Blättchen. Mit Magnesiumlicht kann man die ruckartige Abnahme der Ladung durch einen Pulverblitz beobachten lassen, ferner die beständig fortschreitende nach Entzünden einer Bandflamme und dabei vor allem die Beseitigung der entladenden Wirkung durch eine vorgehaltene Glasscheibe. Magnesiumspäne entzündet man in einer zur Düte gebogenen Ecke eines Drahtnetzes. Ein schmaler Abschnitt von Magnesiumblech gibt eine besonders kräftige Flamme. Auch die Flamme des in Wasserdampf verbrennenden Metalles kann man wirken lassen. Man erhält diese äußerst bequem in einem Becherglase, in dem etwas Wasser kocht, und das von einem Aluminiumdeckel[1]) mit übergreifendem Rand und zentraler Öffnung bedeckt ist. Der Magnesiumbandstreifen wird entzündet hineingesenkt. Hierbei verfehlt man die Öffnung nicht, wenn man einen Glasstab oder dergl. zum Anlehnen des Bandes nahe dem brennenden Ende benutzt. Da andere Metallflammen weniger lichtelektrisch wirken, und gerade Magnesium beim Verbrennen auch mit Stickstoff sich verbindet, so könnte man in der Chemilumineszenz beim Entstehen des Nitrids die Hauptquelle der wirksamen ultravioletten Strahlung erblicken. Die wirksame Flamme in Wasserdampf widerlegt diese Ansicht. Übrigens ist die noch mehr Nitrid bildende Flamme des Calciums (Calciumgries in der Drahtnetzecke) lichtelektrisch wenig wirksam.

Besonders schnell kann man das Verhalten negativer und positiver Ladungen auf der amalgamierten Zinkplatte, sowie den Übertritt der Elektronen in die Luft im Sonnenlichte beobachten lassen, wenn man nur eine geriebene Ebonitstange zum Elektrisieren, und zwar durch Verteilung, benutzt. Hält man diese in einigem Abstande von der belichteten Scheibe auf der Schattenseite und etwas tiefer, etwa in der Höhe der Elektroskopkugel, so wird das Elektroskop in wenigen Augenblicken positiv geladen, wie die entfernte und wieder genäherte Ebonitstange erkennen läßt. Die jetzt vorhandene Ladung bleibt im hellsten Lichte so lange wie im Dunkeln bestehen. Dreht man das positiv geladene Elektroskop so herum, daß der Schatten der Zinkscheibe schmal ist und auf eine bis etwa 1 cm genäherte zweite amalgamierte Platte fällt, die man in der Hand dahinter hält, so nimmt die daraus entweichende negative Ladung schnell fast alle positive des Elektroskopes fort. Hat man mehr Zeit, so kann man auch beobachten lassen, daß eine auf der Lichtseite des Zinkbleches gehaltene Ebonitstange eine negative Elektroskopladung gleichsam festhält, und daß ein positiv geladener Stab gerade entgegengesetzt wirkt wie ein negativer. Es ist dies wohl das bequemste Verfahren der Vorführung des Hallwachs-Effektes. Die Beseitigung der entladenden Wirkung des Sonnenlichtes gelingt besser als mit farblosem Glase mit einer gelblich gefärbten Scheibe, zumal wenn sie so groß ist, daß sie auch das meiste zerstreute Licht am direkten Einfallen auf das Metall hindert.

Auch ein frisch mit Smirgelleinen behandeltes Aluminiumblechstück zeigt schnell die entladende Wirkung, wenn es in gleicher Weise auf einem gewöhnlichen Blattelektroskop angebracht wird. Aus dem so häufig verwendbaren Blech von 0,2 mm Dicke[1]) schneidet man ein Stück von Oktavgröße zurecht. Man kann die leichte Platte auch in den Schlitz eines in Stanniol gehüllten Korkes schieben, der mittels einer engen Durchbohrung statt der Kugel auf die Elektroskopstange geschoben wurde. Für den Grundversuch kommt man ganz ohne Vorkehrungen mit einem rechteckigen Stücke des leichten Bleches aus, das dachartig gebogen ist und einfach

[1]) Nr. 23 im Prospekt IV von Gustav Müller in Ilmenau. Auch Aluminiumblech von 0,2 mm Dicke ist von dort beziehbar.



quer über die Elektroskopkugel gelegt wird, wo es mittels einer genau in der Mitte befindlichen, ziemlich zur Hälfte über die Kugel greifenden Kreisöffnung ziemlich festliegt.

10. Bezüglich des Blattelektroskopes sei bemerkt, daß man gerade der Umstände des unterrichtlichen Gebrauches wegen unbedingt die vorzügliche Isolation durch Bernstein ausnutzen sollte. Man kann die Kugelstange mit einem Bernsteinröhrchen umgeben und dieses in den alten, weiter ausgebohrten Verschluß einsetzen lassen. Die unter allen Umständen sich lange erhaltende Konstanz des Spreizwinkels der Blättchen zeigt, daß es wenig nützlichere Verbesserungen in der Apparatensammlung gibt.

Ein einfacher, auch projizierbarer Versuch mit dem Elektroskop vermittelt ein gründlicheres Verständnis der Spitzenentladung. Mit einer feinen Feile macht man auf der oberen Endfläche des Bernsteinröhrchens, die zentrale Metallstange etwas mit anfeilend, eine schwache Querrinne. In diese kann mit sicherer Berührung des Metalles eine Nadel gelegt werden, deren Spitze also frei nach der Seite hin vorragt. Nähert man dieser langsam eine geriebene Probekugel, so gehen die Blättchen zunächst stetig weiter auseinander. Entfernt man die Probekugel, wenn noch nichts weiter zu sehen war, so fallen die Blättchen wieder ganz zusammen. Bringt man aber die Probekugel der Spitze immer noch näher, so springen plötzlich die Blättchen bis auf einen erheblich größeren Spreizwinkel auseinander, da bei einer bestimmten Größe der Spannung Spitzenentladung erfolgte. Der Winkel nahm z. B. plötzlich von 60° bis auf 100° zu. Nach Entfernen der Probekugel fallen die Blättchen nur etwa halb zusammen und bleiben trotz der Spitze stehen.

Eine Abänderung des Höflerschen Bodendruckapparates.

Von

Dr. **H. Teege** in Wilhelmshaven.

Fast allgemein benutzt man zur Demonstration des hydrostatischen Paradoxons einen Apparat, der schon von Pascal angegeben worden ist und im Laufe der Zeit nur wenige Abänderungen erfahren hat. Bei diesem Apparate wird bekanntlich ein fester beweglicher Boden gegen ein zylindrisches, nach oben erweitertes und nach oben verengtes Gefäß gepreßt, das unten genau abgeschliffen ist, und nun gezeigt, daß der Boden bei der gleichen Standhöhe des Wassers in den verschiedenen Gefäßen abreißt, wenn der untere Gefäßquerschnitt derselbe ist. Es muß aber die Kraft, die den Boden anpreßt, sehr genau zentrisch ausgeübt werden, da schon bei einer geringen seitlichen Verschiebung des Bodens infolge des Ungleichwerdens der statischen Momente, die auf entgegengesetzten Seiten des beweglichen Bodens angreifen, schon früher ein Ausfließen des Wassers stattfindet, ehe noch die theoretische Höhe erreicht worden ist.

Nun hat zwar Herr Professor Höfler in dieser Zeitschrift (*XVI, 257 ff.*) einen anderen Apparat angegeben, bei dem die den Bodendruck erleidende Fläche einem wasserdicht verschiebbaren Kolben angehört. Der Kolben besteht aus Hartgummi und ist sehr genau in ein zylindrisch ausgeschliffenes Glasgefäß eingepaßt, so daß übergegossenes Quecksilber, das selber vermöge der Kapillarwirkung nicht in den engen Zwischenraum zwischen Kolben und Wandung eindringt, einen vollkommen wasserdichten Abschluß bewirkt. Aber abgesehen davon, daß der Einfluß der Reibung so keineswegs ganz aufgehoben ist, kann auch der Boden, wenn er vermittelst eines Drahtes an einer Wage befestigt wird, wegen der Unmöglichkeit der Seitenverschie-

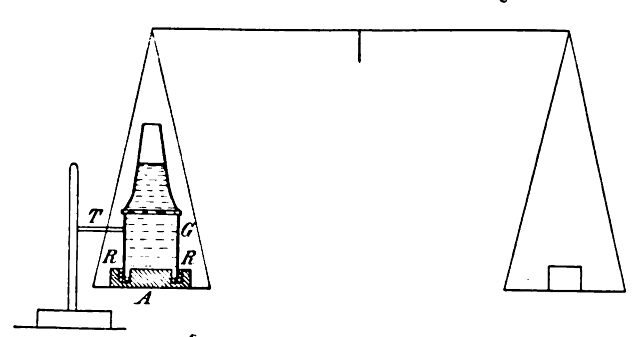


bung nicht zum freien Einspielen kommen, wie es doch zu einer genauen Auswägung des Bodendrucks unumgänglich nötig ist.

Dies hat mich nun veranlaßt, den beweglichen Boden nach etwas anderen Gesichtspunkten zu konstruieren, so daß er sich nicht nur auf und ab, sondern auch seitlich frei verschieben läßt und fast so beweglich ist wie eine Wagschale. Auch hier wird Quecksilber zur Abdichtung benutzt, nur befindet es sich in einer genügend breiten (ca. 2 cm) und verhältnismäßig tiefen Rinne der Bodenplatte, in welche der Unterrand des eigentlichen Wassergefäßes eintaucht.

Nebenstehende Figur möge die Konstruktion erläutern.

Der Boden *A* aus Hartgummi oder Holz, dessen Dicke ca. 4 cm betragen muß, hat bei *R* eine breite und ca. 3 cm tiefe Quecksilberrinne, deren Durchmesser derselbe wie bei den gebräuchlichen Apparaten sein kann. Der Boden selbst wird am besten direkt auf das kreuzförmige Untergestell einer gewöhnlichen Wagschale gestellt, von der man die eigentliche Schale entfernt hat; dann kann das durchtretende Wasser direkt an den Gestellstangen der Wagschale vorbei nach unten abfließen, ohne die Wage zu belasten. Durch einen Seitenarm *T*, der wieder an einer Säule auf schwerem Stativ befestigt ist, wird der untere, nicht auswechselbare Teil des eigentlichen Wassergefäßes *G* getragen; oben ist dieser zylindrische Glasteil mit einer Messingfassung versehen, in deren Gewinde der Reihe nach das zylindrische, das nach oben erweiterte, das nach oben sich verengende Gefäß eingeschraubt werden kann.



Es ist leicht einzusehen, wie der Apparat funktioniert. Zunächst füllt man die Quecksilberrinne des Bodens bis etwas über die Hälfte mit Quecksilber an und bringt dann den Glaszylinder *G* in die geeignete Stellung, so daß er, wenn der Zeiger der Wage auf Null steht, fast bis zum Grunde in das Quecksilber eintaucht. Stellt man nun durch Auflegen von Gewichtsstücken das Gleichgewicht her, so schwebt der Boden vollständig frei, fast so beweglich wie eine gewöhnliche Wagschale, ermöglicht aber nichtsdestoweniger einen vollständig wasserdichten Abschluß. Denn da Quecksilber 13,6mal so schwer ist wie Wasser, so kann der Wasserstand in dem eigentlichen Wassergefäß bis über 30 cm betragen, ehe das Wasser in dem Innengefäß das Quecksilber über den Außenrand der Rinne drängt.

Für die Anstellung des eigentlichen Versuches beschwert man die eine Wagschale und drückt dadurch den mit Quecksilber gedichteten Boden gegen den unteren Rand von *G*. Gießt man nun Wasser in das mit einem der beschriebenen Aufsätze versehene Glasgefäß *G*, so wird bei einer ganz bestimmten Standhöhe des Wassers die innere Wassersäule gerade bis zu dem unteren Rande von *G* reichen, so daß bei weiterem Nachfüllen das Wasser unter dem Rande durch nach außen tritt, hier in dem äußeren Quecksilber nach oben steigt, die Rinne zunächst ganz anfüllt und dann über den Rand hinweg nach unten abläuft. Selbst bei nicht sehr sorgfältigem Nachgießen von Wasser geht dieses Abfließen derartig gleichmäßig vor sich, daß bei nur geringem Schwanken des vollständig beweglichen Bodens der Wasserstand sich leicht auf ein Millimeter genau einstellen läßt. Ersetzt man das Aufsatzgefäß von *G* durch ein anderes, so kann man mit großer Genauigkeit zeigen, daß der Bodendruck nur abhängig ist von dem Querschnitt des Bodens und der Höhe des darüber stehenden Wassers. Ich glaube nicht, daß man mit einem anderen Apparate eine ähnliche Genauigkeit erhalten kann.

Übrigens kann man sich den Apparat leicht improvisieren. Man braucht zu diesem Zweck nur auf das Tragekreuz einer Wagschale, deren eigentliche Schale man abgenommen hat, eine etwas größere Glasschale von ungefähr 4—5 cm Höhe zu stellen, Quecksilber einzufüllen und nun einen weiten Glaszylinder, der von einem Stativ gehalten wird, in das Quecksilber eintauchen zu lassen. Man kann sich dann leicht von dem guten Funktionieren des Apparates überzeugen; besonders schön erscheint das gleichmäßige Durchfließen des Wassers unter dem Rande des Zylinders durch, wobei sich die Oberfläche des Quecksilbers mit leichten Kräuselwellen bedeckt, ohne daß ein Überspritzen des Quecksilbers zu befürchten ist. Den Eindruck einer kompakten, fest schließenden Bodenplatte macht allerdings die zuerst beschriebene Anordnung in weit höherem Grade.

Sehr hübsche Überlegungen ergeben sich auch, wenn man sich die Aufgabe stellt, zu berechnen, wie groß die Belastung der Wagschale ist, die den Quecksilberverschluß trägt, doch will ich nicht näher darauf eingehen, sondern nur noch kurz zeigen, wie man an der Hand des Prinzipes von der Gleichheit der Wirkung und Gegenwirkung das Experiment umkehren kann.

Zu diesem Zwecke stellt man den Quecksilberboden direkt auf den Tisch und hängt das Gefäß G so an dem einen Ende des Wagebalkens auf, daß es in das Quecksilber der Rinne eintaucht. Füllt man dann Wasser ein, so wird man bemerken, daß bei einem zylindrischen Gefäß keine oder doch nur eine ganz geringe Störung des Gleichgewichtes eintritt, daß dagegen bei einem nach oben erweiterten Gefäß der Wagebalken sinkt, bei einem sich nach oben verengenden Gefäß der Wagebalken steigt. Schließlich kann man durch genaue Wägung die Gleichheit von Wirkung und Gegenwirkung zeigen.

Den letzten Fall des sich nach oben verengenden Gefäßes, der von allen drei ohne Frage den stärksten Eindruck des Paradoxen macht, kann man sich übrigens leicht gleichfalls mit sehr einfachen Hilfsmitteln improvisieren. Man braucht zu diesem Zwecke nur einen Trichter mit langem, weitem Trichterrohr umgekehrt in Quecksilber zu tauchen und Trichter und Rohr bis obenan mit Wasser zu füllen; man fühlt dann deutlich, daß der Trichter mit beträchtlichem Drucke hochzusteigen strebt. Man hat zu diesem Experimente allerdings ziemlich große Mengen Quecksilber nötig; auch muß man dafür sorgen, daß der Trichter nirgends anstößt, denn sonst wird infolge der Kapillarwirkung das Quecksilber von solchen Stellen weggedrängt, während umgekehrt das Wasser in solche Verengungen eindringt und, ohne vom Quecksilber gehindert zu werden, leicht nach außen durchtreten kann.

Ein Beitrag zur Messung des mechanischen Wärmeäquivalentes.

Von
Dr. **A. Wendler** in München.

Fig. 1 zeigt im Maßstab 1 : 3 verkleinert eine einseitig offene Hülse, die in allen Teilen aus dem gleichen Metall besteht und mittels der an dem Ring r befestigten Stifte so mit einer Korkscheibe K von 3 cm Dicke und etwa 10 cm Durchmesser verbunden ist, daß sie sich, wenn die Korkscheibe durch ein in den Haken a eingehängtes Gewicht Q in Drehung versetzt wird (Fig. 2, Maßstab 1 : 2), zugleich mit der Korkscheibe dreht, wobei die Metallhülse als Drehachse zwischen den Bremsbacken H, H aus Eichenholz läuft. Diese Bremsklötzchen sind in den Metallring R eingeschraubt, der durch Anziehen der Schraube S_1 gestattet, die für eine augenblickliche Bremsung nötige Zusammenpressung der Holzbacken gegen die metallene Drehachse

zu erzeugen. Die Befestigung des Apparates an einer Wand ist ohne weiteres aus Fig. 2 zu sehen, welche den Apparat von der Seite zeigt mit dem offenen Hülsenende nach vorn. Die Bohrung der Hülse ist dem zylindrischen Gefäß eines horizontal einzusteckenden Zehntelgradthermometers angepaßt, an dem mit einer Lupe Hundertstelgrade noch mit einiger Zuverlässigkeit geschätzt werden können. Das mit dem Apparat möglichst im gleichen Raum aufzubewahrende Thermometer wird einige Minuten vor einer Messung eingesteckt, während der wenige Sekunden betragenden Fallbewegung herausgenommen und unmittelbar nach der Bremsung wiederum eingesteckt zur Ablesung

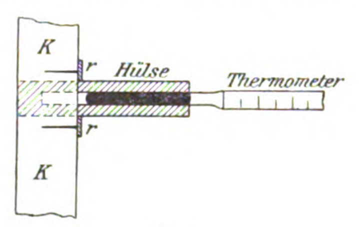


Fig. 1.

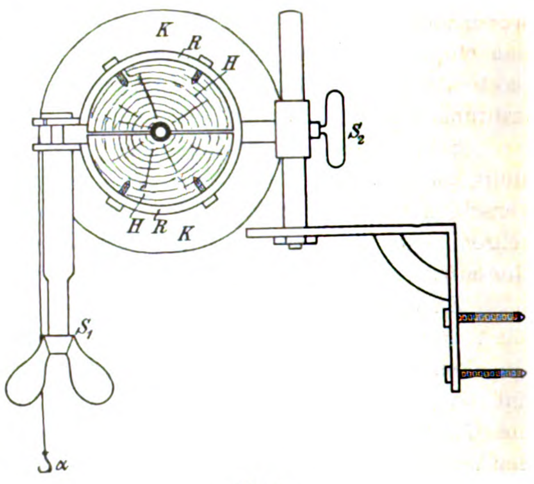


Fig. 2.

der Temperaturerhöhung $\Delta t = t - t_0$.[1]) Will man nach Aufwindung der in einer Nute der Korkscheibe laufenden Schnur eine weitere Messung anschließen, so steckt man in die Bohrung ein mit Äther befeuchtetes Wattebäuschchen, so daß die Abkühlung auf die Ausgangstemperatur beschleunigt wird. Bei einiger Übung kann man leicht 5 bis 6 Messungen in einer Stunde machen.

Ist nun $Q_{(\mathrm{kg})}$ das angehängte Gewicht, $h_{(\mathrm{m})}$ die Fallhöhe, so beträgt die mechanische Arbeit $(Qh)_{(\mathrm{mkg})}$, wobei theoretisch folgende Korrektionsglieder in Betracht kämen:

E_1, der von dem Gewicht der abgelaufenen Schnur und des Anhängehäkchens α herrührende Energiebetrag,

E_2, zur Überwindung der Trägheit der bewegten Massen,

E_3 und E_4, die durch Seilsteifigkeit verlorenen bzw. durch die Schnurelastizität gewonnenen Arbeitsbeträge.

Bei den gewählten Abmessungen können diese Zusatzglieder vernachlässigt werden, um so mehr, als sie, zum Teil mit entgegengesetztem Vorzeichen in die Rechnung eingehend, sich teilweise aufheben.

Ist nun J das mechanische Wärmeäquivalent, w_M der rechnerich oder experimentell bestimmte konstant angenommene Wasserwert der Metallhülse, w_T der Wasserwert[2]) des Quecksilbergefäßes am Thermometer, x der spezifische Wärmebetrag, der außer von der Kapazität der die Hülse umgebenden Medien auch von der Oberflächenbeschaffenheit und der Leitfähigkeit der Hülse[3]) abhängt, so kann man setzen:

$$\text{I.} \qquad Q \cdot h = J \cdot (w_M + w_T + x) \cdot \Delta t.$$

[1]) Die Korrektur, welcher Quecksilberthermometer nach Rowland zwischen 15° und 16° gegenüber den Angaben des Luftthermometers bedürfen, kann zunächst vernachlässigt werden.

[2]) Berechnet nach der von Pfaundler angegebenen Formel 0,00046 . v (Kilogr. Kal.), wo v in ccm das Volumen des Quecksilbergefäßes ist.

[3]) Um die durch das Thermometer nach außen hin vermittelte Wärmeausstrahlung möglichst klein zu machen, kann man das Thermometer in dem unteren an die Hülse angrenzenden Teil mit Watte umwickeln.

Den Einfluß, welchen die Vernachlässigung von x auf die Resultate für J hat, ersieht man aus dem folgenden Schema, in dem die Versuche in 6 Gruppen geteilt sind.

Art der Metallhülse	I Q fällt sehr langsam	II Q fällt mit mittlerer Geschwindigkeit	III Q fällt sehr rasch
A. gut leitend (Kupfer usw.)	J durchschnittlich 15% zu groß	J durchschnittlich 10% zu groß	J durchschnittlich 5—10% zu groß
B. relativ schlecht leitend (Messing, Stahl usw.)	J durchschnittlich 5% zu groß	J durchschnittlich = 427	J durchschnittlich 4—5% zu klein

Eine Vernachlässigung von x ist also nur gerechtfertigt, wenn das betreffende Metall nicht zu große Temperaturleitfähigkeit besitzt, und die Bewegung einerseits nicht so langsam erfolgt, daß die Strahlungsverluste störend wirken, andererseits aber auch doch langsam genug, daß die vom Thermometer angezeigte Maximaltemperatur von den in Rechnung gezogenen Körpern möglichst geteilt wird.

Die zu B. II. gehörenden 15 Einzelversuche lieferten die Werte: 424, 427, 428, 422, 439, 427, 421, 422, 438, 423, 427, 423, 428, 435, 425. Dabei war Q meist 2 kg, $w_M = 0{,}00341$, $w_T = 0{,}00059$; h lag zwischen 1 m und 1,4 m. Bei Schulversuchen genügt es also, ein relativ schlecht leitendes Metall wie Messing oder Stahl zu benutzen und mit der Formel I ($x = 0$) zu rechnen.

Im allgemeinen hat man bei zwei verschiedenen Metallen zu setzen:

$$\text{II.} \qquad d_1 = J\,.\,(w_1 + w_T + x);$$

$$\text{III.} \qquad d_2 = J\,.\,(w_2 + w_T + y). \qquad d = \frac{Q\,h}{\Delta t}.$$

Benutzt man nun immer ein und denselben Apparat und das gleiche Thermometer, ferner 2 kongruente Metallhülsen mit zwar verschiedenen Kapazitäten, aber gleicher Oberflächenbeschaffenheit, indem man sie beide etwa galvanisch vernickelt, und gleicher Temperaturleitfähigkeit (Legierungen!), so kann man $x = y = z$ aus II und III eliminieren und findet so, indem w_T mit aus der Rechnung fällt:

$$J = \frac{d_1 - d_2}{w_1 - w_2} \quad \text{und}$$

$$z = \frac{w_1 d_2 - w_2 d_1}{d_1 - d_2} - w_T.$$

Ist unter Beiziehung des Hilfsmetalls z ein für allemal bestimmt, so kann man fortan aus II oder III J mit ein und derselben Hülse finden.

Die Interferenzfarben dünner Blättchen.

Von
Prof. Dr. **B. Walter** in Hamburg.

Auf S. 32 dieses Bandes zeigt Herr W. Volkmann zunächst geometrisch, daß die Farben dünner Blättchen, wenn man von senkrechter zu schräger Betrachtung derselben übergeht, nicht, wie vielfach fälschlich angegeben wird, nach der roten, sondern nach der violetten Seite des Spektrums hinwandern. Zum experimentellen Nachweis dieser Erscheinung bedient er sich dann eines Newtonschen Ringsystems, d. h. einer zwischen zwei optisch dichteren Medien gelegenen dünneren Luftschicht.



Seine mathematische Beweisführung dagegen bezieht sich nicht auf ein dünnes Blättchen dieser Art, sondern vielmehr auf ein wirkliches dünnes Blättchen, wie es z. B. durch eine sehr dünne Glimmerschicht oder auch durch die Wand einer Seifenblase dargestellt wird.

Da nun aber diese beiden Fälle bei der in Rede stehenden Erscheinung nicht unwesentliche Unterschiede zeigen, wie ich dies bereits in meinem Buche über „Die Oberflächen- oder Schillerfarben" (Braunschweig 1895) ausführlich dargelegt habe, so dürfte es von Interesse sein, die betreffende Stelle des Buches hier anzuführen.

Zum näheren Verständnis schicke ich voraus, daß die eigentlich in dem Buche behandelten Farben, also z. B. der Oberflächenschiller von Kristallen, Schmetterlingsschuppen und Vogelfedern, ebenfalls vom roten zum violetten Ende des Spektrums hinwandern, wenn man von senkrechter zu schräger Betrachtung übergeht; und daß es mir deshalb an der betreffenden Stelle des Buches darum zu tun war, charakteristische Unterschiede in dieser Veränderlichkeit der Oberflächenfarben einerseits und der Farben dünner Blättchen andererseits zu finden, um dadurch besonders den Zoologen zu befähigen, durch einfache Mittel festzustellen, ob er es in einem bestimmten Falle mit der einen oder der anderen Farbenart zu tun hat.

Ich lasse nun meine damaligen Darlegungen S. 88—90 des Buches wörtlich folgen und habe nur die Figuren für die hier im Anschluß daran gegebenen Erläuterungen etwas umgezeichnet:

„Um nun aber auch bei den Farben dünner Blättchen die Art ihrer Veränderlichkeit mit dem Einfallswinkel verfolgen zu können, ist es nötig, von vornherein die beiden Fälle zu unterscheiden, daß einmal das dünne Blättchen aus einer zwischen zwei festen Stoffen befindlichen dünnen Luftschicht bestehen kann, wie dies z. B. beim Newtonschen Ringsystem der Fall ist, oder zweitens ein wirkliches dünnes Blatt aus einer festen oder flüssigen, stärker brechenden Substanz ist (Glimmerblättchen, Seifenblasen). Im ersteren Falle nämlich ändert sich die Farbe der dünnen Schicht ganz erheblich viel stärker mit dem Einfallswinkel als im letzteren, ein Unterschied, der auch schon an und für sich für die Zoologie von Wichtigkeit sein dürfte[1]), und der daher auch schon aus diesem Grunde eine genauere Betrachtung verdient.

Derselbe rührt daher, daß bei einer Luftschicht der Winkel, welchen der Strahl in ihr mit der Normalen ihrer Endflächen bildet, gleich dem Einfallswinkel draußen ist und mithin zugleich mit diesem zwischen 0 und 90° variiert (s. Fig. 1), während bei einem wirklichen dünnen Blättchen der innere Einfallswinkel gewöhnlich viel kleiner ist als der äußere, so daß, wenn der Brechungsexponent des Blättchens z. B. 1,6 ist, selbst bei 90° äußerem Einfallswinkel der innere doch nur eine Größe von ungefähr 40° erreicht (s. Fig. 2). Die Folge hiervon ist, daß im letzteren Falle die Farbe zwischen 0 und 90° äußerem Einfallswinkel ungefähr nur diejenige Veränderlichkeit zeigt, welche sich im ersteren Falle zwischen 0 und 40° darbietet, also in dem einen Falle viel geringfügiger werden muß als in dem andern. Eine einfache geometrische Betrachtung der beiden interferierenden, in Fig. 1 und 2 gezeichneten Strahlen lehrt nämlich, daß für die Phasendifferenz δ derselben in beiden Fällen die Gleichung $\delta = \frac{2\, d \cos i}{\lambda}$ gilt, wo d die Dicke der Schicht, λ die Größe der Wellenlänge in ihr und i der Winkel ist, welchen der sie durchsetzende Strahl mit der Normalen ihrer Grenzflächen bildet. In beiden Fällen muß mithin auch die Farbenverschiebung mit gleich stark zunehmendem inneren Einfallswinkel vollständig gleich verlaufen.

---

[1]) Brücke z. B. hat mehrfach die Annahme gemacht, daß gewisse Färbungen beim Chamäleon durch solche dünne parallelwandige Luftschichten verursacht würden.



Für $i = 0$, d. h. für senkrechten Auffall, erreicht δ seinen größten Wert $\delta_0 = \frac{2d}{\lambda}$; mit wachsendem Einfallswinkel ferner wird es immer kleiner, so daß sich also die Schicht dann, trotzdem der Weg des Strahles in ihr immer größer wird, dennoch wie eine immer dünnere verhält[1]), bis endlich für $i = 90^0$, aber natürlich nur dann, wenn i diesen Wert überhaupt erreichen kann, also nur bei dünnen Luftschichten, die Größe $\delta = 0$ wird, oder, mit anderen Worten, die Schicht sich wie eine unendlich dünne verhält. Eine solche zeigt nun aber im reflektierten Lichte bekanntlich das sog. Schwarz der ersten Ordnung (Mittelpunkt des Newtonschen Ringsystems); und

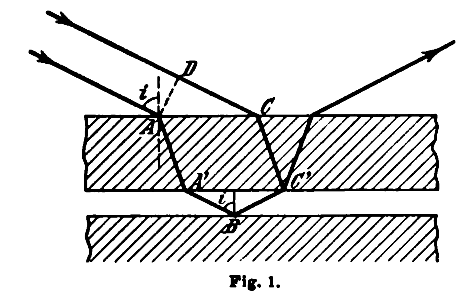


Fig. 1.

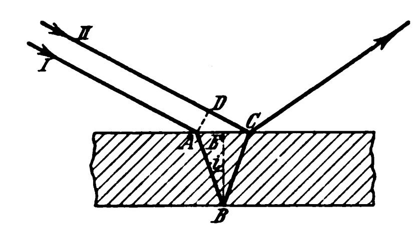


Fig. 2.

wir haben mithin die wichtige Regel, daß die Farbe einer dünnen Schicht, in welcher der innere Einfallswinkel zwischen 0 und 90° variieren kann, dabei unter allen Umständen, d. h. welches auch die Dicke der Schicht und welches demnach auch ihre Anfangsfarbe (für $i = 0$) sein mag, stets sämtliche Farbentöne des Newtonschen Ringsystems von jener Anfangsfarbe bis zum Schwarz der ersten Ordnung hin durchlaufen muß. Tatsächlich kann man denn auch an den Farben jenes Systems selbst beobachten, wie bei immer schrägerem Draufblicken das Schwarz der ersten Ordnung sich immer weiter nach außen hin ausdehnt.

Die Interferenzfarbe einer dünnen Luftschicht ändert sich demnach um so schneller mit dem Einfallswinkel, je höher hinauf ihre Farbe in dem Newtonschen Ringsystem liegt, d. h. je dicker die sie erzeugende Schicht ist. Der Farbenwechsel selbst verläuft dabei allerdings in demselben Sinne wie bei den Oberflächenfarben, nämlich im Spektrum vom Rot durch Gelb und Grün zum Blau hin; indessen ist hier eine Verwechselung beider Farbenarten vollständig ausgeschlossen, da eben bei der dünnen Luftschicht der Farbenton sich ganz außerordentlich viel schneller mit dem Einfallswinkel ändert als bei den Oberflächenfarben.

Viel eher dagegen ist dies bei der zweiten der oben genannten Arten der Farben dünner Blättchen möglich, wo das Blättchen aus einer stärker brechenden Substanz bestand und demnach der innere Einfallswinkel einen weit geringeren Spielraum hatte als bei den dünnen Luftschichten. Der Sinn der Farbenänderung ist nämlich auch dann natürlich derselbe wie oben und mithin auch derselbe wie bei den Oberflächenfarben; die Größe der Verschiebung dagegen wird jetzt erheblich kleiner als früher und kommt mithin derjenigen bei den Oberflächenfarben näher. Am meisten aber wird dies bei den dünneren Blättchen der Fall sein, bei denen auch hier aus denselben Gründen wie oben der Farbenwechsel kleiner ist als bei den dickeren."

Soweit aus dem Text des Buches. Die darin gegebene Erklärung der hier in Rede stehenden Farbenänderung weicht allerdings von der VOLKMANNschen etwas ab, und so möge dieselbe hier noch etwas näher erläutert werden. Die Figur 2, welche sich auf ein „wirkliches dünnes Blättchen" bezieht, zeigt nämlich, daß die

[1]) Die Vergrößerung des Wegunterschiedes drinnen wird nämlich durch den draußen entstehenden mehr als aufgehoben.

beiden interferierenden Strahlen I und II bei schrägem Auffall eine Wegdifferenz DC in der äußeren Luft haben, welche bei senkrechtem Auffall nicht vorhanden ist, und daß der Strahl I dem Strahl II um diese Differenz voraus ist, so daß also die dadurch bewirkte Phasendifferenz von der in dem Blättchen bewirkten abzuziehen ist, und mithin die wirkliche Phasendifferenz nicht $\frac{AB + AC}{\lambda_i}$, sondern $\frac{AB + AC}{\lambda_i} - \frac{DC}{\lambda_a}$ beträgt, wo λ_a und λ_i die Wellenlängen draußen und drinnen bedeuten. Kurz ausgedrückt, kann man also sagen, daß die für schrägen Auffall stattfindende Vergrößerung des Wegunterschiedes drinnen durch den draußen entstehenden mehr als aufgehoben wird, wie ja auch in dem Buche steht. Rechnet man sich die soeben abgeleitete Phasendifferenz aus, so erhält man dafür den im Texte des Buches angeführten einfachen Ausdruck $\frac{2\,d \cos i}{\lambda_i}$, der ja auch von Volkmann gefunden wurde. Dabei führt die Methode des letzteren zwar nicht unwesentlich schneller zum Ziel als die meinige; aber die letztere dürfte dafür den eigentlichen Grund für die hier in Wirklichkeit stattfindende, im ersten Augenblick etwas unerwartete Farbenverschiebung noch ein wenig deutlicher zum Bewußtsein bringen. Außerdem aber hat sie noch den Vorzug, ohne weiteres auch auf den Fall der dünnen Luftschicht (Fig. 1) anwendbar zu sein, indem dann die Phasendifferenz offenbar $\frac{A'B + BC'}{\lambda_a} - \frac{DC}{\lambda_a}$ ist, so daß also hier diese Differenz direkt proportional der Differenz $A'B + BC' - DC$ ist, von der man unmittelbar aus der Figur sieht, daß sie sich für sehr schrägen Auffall immer mehr der Null nähert, da dann $DC = AC$ und $AC = A'C' = A'B + BC'$ wird[1]).

Hamburg, physikalisches Staatslaboratorium, den 2. Februar 1909.

Über einen zuverlässigen Interferenzspiegel und ein einfaches Interferenzprisma.

Von

Wilhelm Volkmann.

Einer der unangenehmsten optischen Schulapparate ist der Fresnelsche Interferenzspiegel, denn es genügt ein äußerst kleiner Fehler in der Stellung der beiden Spiegel, um den Apparat unbrauchbar zu machen. Daher kommt es denn, daß die meisten in Schulsammlungen befindlichen Interferenzspiegel unbrauchbar sind, sei es, daß sie es immer waren oder nach kurzer Gebrauchsdauer wurden, und daß so mancher durchaus nicht unerfahrene Experimentator, nachdem er sich hin und her bemüht hat, die Erscheinung zu sehen, endlich sich entschließt, die Beugungsstreifen, die an jedem der Spiegelränder entstehen, für das Interferenzbild auszugeben und zu halten, obgleich diese unscharfen Streifen zur Beschreibung vom Aussehen der Interferenzlinien gar nicht passen.

Michelson und unabhängig von ihm einige andere haben Interferenzstreifen genau der gleichen Art mit zwei Spiegeln hervorgebracht, die nicht fast einen gestreckten, sondern fast einen rechten Winkel miteinander bildeten. Es werden hierbei

---

[1]) *Anm. der Redaktion.* Zu den letzten Ausführungen bemerkt Herr W. Volkmann: Er habe auch schon (a. a. O. S. 33) den Schluß gezogen, daß die Erscheinung in beiden Fällen wesentlich dieselbe bleibe. Zeichne man die Fig. 1 auf S. 32 für ein optisch dünneres Blättchen, so treffe unter Umständen das Lot nicht auf den Strahl selbst, sondern auf seine Verlängerung, d. h. l werde negativ und es sei dann:

$$k - l = k(1 - \cos[180^0 - 2\beta]) = k(1 + \cos 2\beta).$$

durch je zweimalige Reflexion die beiden virtuellen Bilder erzeugt, die als Quellen kohärenten Lichtes für die Interferenz in Betracht kommen. Zur bequemen Benutzung dieser Methode, die mit Sicherheit immer die Streifen gibt, habe ich den im nachfolgenden beschriebenen Apparat gebaut.

Auf ein Brettchen (Fig. 1) von 12—15 cm Länge ist als Lager für eine der Glasplatten mit Siegellack in der heißen Ofenröhre ein Klötzchen aus dem Richterschen Ankersteinbaukasten[1]) gekittet. Am andern Ende ist ein Loch gebohrt, in dieses ein Kork und da hindurch eine Schraube gesteckt, in deren Schlitz als Handhabe ein Draht geklemmt ist. Der Kork gibt der Schraube eine sanfte Bewegung ohne jeden toten Gang. Auf der Schraube ruht ein zweites Brettchen, das an seinem unteren Ende zwei kleine Füßchen, etwa Siegellacktröpfchen, hat. Auf ihm ruht die zweite Glasplatte, und zwar ist es gut, wenn sie mit einer recht scharfen, glatten Bruchkante die andere Platte berührt. Gutes Material für diese Platten geben die Objektträger aus Spiegelglas ab, die man in Mikroskophandlungen vorrätig findet. Der ganze Apparat ist in der Figur mit einem untergekitteten Kork drehbar auf einem Glasstiel befestigt. Die Drehbarkeit ist nicht nötig, sie bietet nur die Bequemlichkeit, daß man den Stiel, nachdem man ihn aus dem Kork im Fußklotz gezogen hat, umlegen kann, so daß er dem Brettchen anliegt; der Apparat kann dann in einem kleinen Kasten verwahrt werden.



Fig. 1.

Zum Gebrauch des Apparates bedient man sich am besten einer elektrischen Glühlampe mit gespanntem Faden. Sie wird etwa 60 cm über dem Spiegel horizontal angebracht. Der Spiegel steht, mit der Berührungskante der beiden Glasplatten dem Lampenfaden parallel, unter und etwa 25 cm vor der Lampe (Lampe, Berührungskante und Auge in derselben Ebene). Man richtet ihn so aus, daß man den Lampenfaden doppelt sieht, der Berührungskante gleichlaufend und nur wenig davon nach links und rechts abstehend. Es ist dann der Winkel zwischen den Platten ein wenig kleiner als ein rechter. Die Lampe braucht sich durchaus nicht in der Halbierungsebene des Winkels zu befinden, fast der ganze Winkelraum ist verwendbar. Bringt man nun vor das Auge, das die Bilder der Lampe in der beschriebenen Weise sieht, eine schwache Lupe (5—10 cm Brennweite), so wird man sogleich die scharfen Interferenzstreifen erblicken. Mit der Schraube oder auch schon durch die geringe Verbiegung des Holzes beim Berühren kann man nun den Winkel der Spiegel ändern und beobachten, wie sich dabei auch die Erscheinung ändert. Es ist nicht erforderlich, die Spiegel auf der Rückseite zu schwärzen, man wird sich diese Mühe jedenfalls erst machen, nachdem man sich ein recht gutes Plattenpaar ausgesucht hat; die Schwärzung braucht durchaus nicht undurchsichtig zu sein. Zur objektiven Darstellung ist der Spiegel nicht sehr bequem, die Erscheinung auch nicht sehr lichtstark; jedenfalls kommt nur Sonnen- oder Bogenlicht in Betracht. Aufstellung am besten: Lampe, Spalt, Spiegel, Schirm ohne irgendwelche Sammellinsen.

Das Fresnelsche Dachprisma ist für den Interferenzversuch nur zu brauchen, wenn die brechenden Winkel der beiden Hälften einige Bogenminuten nicht übersteigen, zugleich aber die Dachkante scharf ist. Das ist nun sehr schwer herzustellen;

---

[1]) Diese Steine werden für einige Pfennige einzeln verkauft und sind ihrer Genauigkeit wegen vielfach gut zu brauchen.

bei der Politur wird sich die Kante gar zu leicht in störender Weise abrunden. Abbe hat darauf aufmerksam gemacht, daß man mit weit größeren brechenden Winkeln, also mit einem weit spitzeren Dach, arbeiten kann, wenn man das Prisma in eine Flüssigkeit taucht, deren Brechungsindex nur wenig geringer ist als der des Glases. Alle Fehler des Schliffs und der Politur sind unter diesen Bedingungen weniger nachteilig; man kommt ganz gut mit Stücken von facettierten Spiegeln aus, deren Versilberung man entfernt, wenn nicht die Facette sehr liederlich poliert ist. Solche Abfallstücke findet man in jeder größeren Glaserei. Man bedeckt nach Fig. 2 das Spiegelglas mit einem anderen Stück, das man etwas über die Facette vorragen läßt, und bringt einen Tropfen Terpentinöl dazwischen. Damit der Tropfen hängen bleibt, spannt man die Platten mit horizontaler Dachkante in die Klemme und muß natürlich auch einen horizontalen Spalt anwenden. Für subjektive Beobachtung bedient man sich einer schwachen Lupe. Bei objektiver Darstellung folgen Bogenlampe, Spalt und Prisma in einigen Zentimetern Abstand aufeinander, dann in einigen Metern Abstand der Schirm. Will man die Erscheinung vergrößern, so stelle man einen Meter nach dem Prisma eine starke konkave Zylinderlinse auf[1]); sie breitet das Licht nur nach oben und unten aus, während vergrößerter Schirmabstand es zugleich nach den Seiten hin ausbreiten, also viel mehr schwächen würde. Bei sorgfältiger Abblendung des Nebenlichtes kann man mit einer Lampe von 5 Amp. Stromverbrauch die Erscheinung hell genug für einen großen Hörsaal machen. Eine kleine Unsymmetrie der Streifen, bedingt durch den Umstand, daß nicht zwei gleiche Prismen, sondern eine Platte und ein Prisma aneinandergrenzen, ist vorhanden, stört aber nicht wesentlich. Je nach Abstand zwischen Spalt und Prisma ändert sich die Erscheinung in leicht erklärlicher Weise.

Fig. 2.

Ein neuer Uhrheliostat.

Von

W. Stephan, Oberlehrer am Kgl. Gymnasium in Burgsteinfurt.

Der im folgenden beschriebene Uhrheliostat ist aus dem Bestreben konstruiert, ein Instrument zu schaffen, welches durch die Einfachheit seiner Konstruktion und Handhabung besonders geeignet ist, bei Vorlesungs- und Schulversuchen Verwendung zu finden, andererseits aber infolge seiner präzisionsmechanischen Ausführung die bisher bekannten, kostspieligeren Uhrheliostaten auch bei wissenschaftlichen Arbeiten zu ersetzen imstande ist.

Die Figur zeigt das Instrument in perspektivischer Ansicht ($^1/_5$ nat. Gr.).

Die Azimutachse ruht auf dem Kernstück eines kräftigen, mit zwei Stellschrauben versehenen Dreifußes. Ein Durchbruch erlaubt, die in das Kernstück eingesetzte, zur Vertikalstellung dienende Dosenlibelle zu beobachten. An der Azimutachse ist der in Grade geteilte Kreisbogen zur Einstellung der Polhöhe befestigt. Derselbe trägt einen Schieber, in welchem die radial zum Kreisbogen verlaufende Stundenachse gelagert ist. Mit dem Schieber fest verbunden ist das arretierbare Uhrwerk, welches der Stundenachse durch Trieb und Zahnrad in 48^h eine Umdrehung im Sinne der Sonnenbewegung erteilt. Das untere Ende der Stundenachse ruht zur Erreichung eines sicheren und leichten Ganges mit gehärteter Spitze auf einer in das Uhrgehäuse eingesetzten polierten Stahlscheibe.

[1]) Der Optiker R. Arnoldi, Berlin NO 43, Neue Königstraße 42, hat mir eine solche Linse von 12 cm Länge und 4 cm Breite besorgt, die auch für objektive Beugungsversuche gut zu brauchen ist.



Das Zifferblatt ist an der Oberseite des Schiebers befestigt. Es trägt eine von Ost über Süd bis West reichende Teilung in halbe Grade und ist von 0 bis 24^h beziffert. Ein Teilungsintervall entspricht demnach einer Drehungszeit der Stundenachse von 4 min; die reichlich bemessene Größe des Teilkreises gestattet, noch auf Bruchteile des Intervalls einzustellen.

Die Ebene des Spiegels ist parallel zur Stundenachse gerichtet. Der Rahmen desselben ist auf den oberen, über das Zifferblatt herausragenden Teil der Stundenachse gesteckt und kann mittels Rändelschraube an derselben festgeklemmt werden. Der Spiegelrahmen trägt die mit Indexstrich versehene, zur Spiegelebene normale Alhidade. Die Feineinstellung erfolgt mittels eines aus der Bodenplatte der Uhr hervortretenden Rändelknopfes.

Zur bequemen Aufstellung des Heliostaten in der Meridianebene ist an der Rückseite des Spiegelrahmens eine Dioptereinrichtung angebracht.

Die Größe des rechteckigen Spiegels beträgt 10 zu 18 cm.

Um dem reflektierten Strahlenbündel jede gewünschte Richtung geben zu können, ist das Instrument mit einem allseitig beweglichen Hülfsspiegel von 12 cm Öffnung ausgestattet, dessen Trägerarm um die Azimutachse geschwenkt werden kann.



Es ist aber hervorzuheben, daß auch ohne Benutzung dieses Hilfsspiegels das nur einmal — vom Hauptspiegel — reflektierte Strahlenbündel horizontal gerichtet werden kann.

Die Wirkungsweise des Heliostaten ist diese:

Da die gemeinsame Drehungsachse der Sonne und des Spiegels in der Ebene des letzteren liegt, so bleibt das gespiegelte Bild der Sonne bei jeder Stellung des Spiegels mit dieser selbst in demselben Tagkreis. Die Winkelgeschwindigkeit der Sonne ist doppelt so groß als die des Spiegels; infolgedessen ist die relative Winkelgeschwindigkeit der Sonne gegen den Spiegel gleich der absoluten Winkelgeschwindigkeit des Spiegels selbst. Hieraus ergibt sich, daß das Bild der Sonne fest steht, also die Richtung des reflektierten Strahlenbündels unverändert bleibt.

Man sieht ferner leicht, daß die Sonne und ihr gespiegeltes Bild auf einem Durchmesser des Parallelkreises liegen, wenn die Spiegelnormale in den Stundenkreis der Sonne fällt. Im ganzen folgt:

I. Die Sonne und ihr Spiegelbild haben gleiche Deklination.

II. Der Stundenwinkel des Sonnenbildes ist um 180^0 größer als derjenige der Sonne zur Zeit, in welcher ihr Stundenkreis die Spiegelnormale aufnimmt.

Soll also der reflektierte Strahl horizontal gerichtet sein, so ist die Spiegelnormale so einzustellen, daß sie entweder 12 Stunden vor Sonnenuntergang oder 12 Stunden nach Sonnenaufgang in den Deklinationskreis der Sonne fällt.

Die eingehende mathematische Theorie des Instruments bietet übrigens eine geeignete und interessante Aufgabe für den mathematisch-physikalischen Unterricht in der Prima.

Damit die Einstellung auf horizontale Richtung des reflektierten Strahls zu jeder Zeit nach einer einfachen Vorschrift ausgeführt werden kann, ist das Zifferblatt mit der schon angegebenen Einteilung und Bezifferung versehen. Die Vorschrift lautet:

Ist t die wahre Sonnenzeit des Gebrauchsortes, a die Zeit des wahren Sonnenaufgangs am betreffenden Tage, so ist die am Zifferblatt des Heliostaten einzustellende Uhrzeit gegeben durch:

$$t_1 = t - a$$
$$t_2 = t + a$$

Hierbei ist die Zeit t, ebenso wie a, mit Mitternacht zu beginnen und bis 24^h durchzuzählen. Die Sonnenaufgangszeit berechnet sich nach bekannter Formel aus Deklination und Breite; für den praktischen Gebrauch wird sie einer dem Instrument beigegebenen Tabelle entnommen.

Um den Heliostaten aufzustellen und in Gang zu setzen, verfährt man wie folgt.

Die Stundenachse wird auf die Breite des Ortes eingestellt und der Schieber festgeschraubt. Nachdem das Uhrwerk aufgezogen ist, wird das Instrument auf die Unterlegscheiben gesetzt, zunächst annähernd in die Meridianstellung gebracht und mit Hilfe der Dosenlibelle nivelliert. Kurz vor Mittag wird der Spiegel so gestellt, daß der Index noch etwas vor dem 0-Punkt des Zifferblattes steht, das Uhrwerk ausgelöst und wieder arretiert, sobald der Index auf 0 zeigt. Um 12^h Mittags wird dann der Heliostat genau gerichtet, indem das Bildchen der Diopteröffnung auf den als Marke dienenden Strich der Auffangplatte gebracht wird.

Nach einmal erfolgter Einstellung in den Meridian können die Unterlegscheiben festgeschraubt werden. Bei wiederholter Aufstellung hat man dann nur nötig, die Spitzen des Dreifußes in die Körnerpunkte der Scheiben zu setzen.

Sobald nun das Uhrwerk in Gang gesetzt ist, bleibt das reflektierte Strahlenbündel bei beliebiger anfänglicher Spiegelstellung im Raume fest. Eine Einstellung nach der Deklination der Sonne ist zur Erreichung dieses Zweckes nicht erforderlich. Dagegen ist nach der oben gegebenen Vorschrift die Deklination durch Einführung der Sonnenaufgangszeit zu berücksichtigen, wenn der reflektierte Strahl horizontal verlaufen soll.

Steht der Heliostat vor dem Fensterladen, so wird das reflektierte Bündel mittels des Hilfsspiegels in das Zimmer geleitet. In diesem Falle wie im allgemeinen dann, wenn eine genaue Horizontierung der Lichtstrahlen nicht gefordert wird, kann der Hauptspiegel des Heliostaten auch ohne Benutzung des Teilkreises gestellt werden.

Der beschriebene Uhrheliostat wird in den Mechanisch-Optischen Werkstätten von R. Fueß, Berlin-Steglitz, als Präzisionsinstrument ausgeführt und kann von dieser Firma bezogen werden.

Schulversuche aus der Elektronentheorie.

Von
G. Mahler, Professor am Gymnasium zu Ulm a. D.

I. Einführung.

Die Elektronentheorie nimmt eine atomistische Struktur der Elektrizität an. Die kleinsten Teile der Elektrizität heißen nach Stoney Elektronen. Bis jetzt hat man nur negative Elektronen im freien Zustande, d. h. als selbständige Teilchen nachweisen können. Die wechselseitigen Kräfte zwischen den Elektronen haben ihre Ursache in Deformationen des zwischen ihnen befindlichen Äthers. — Ein neutrales Gasmolekül besteht aus der ponderablen Masse, die vielleicht auch elektrischer Natur

ist, und aus einer gewissen Anzahl von Elektronen. Durch Aufwand von Energie gelingt es, ein oder mehrere Elektronen von dem Molekül abzuspalten. Der Rest heißt ein positives Ion; umgibt sich das freigewordene Elektron mit neutralen Gasmolekülen, so entsteht das negative Ion. Positive und negative Ionen können selbständig eine Zeitlang existieren; sich selbst überlassen, vereinigen sich beiderlei Ionen wieder zu neutralen Molekülen. Der Prozeß der Abspaltung heißt Ionisation des Gases und die Ursache Ionisator. — Die Erscheinungen der Elektrolyse lassen sich durch die Annahme der elektrischen Dissoziation erklären. Danach zerfällt z. B. ein Molekül Na Cl zunächst in Na und Cl. Vom Natriumpartikel spaltet sich dann ein Elektron ab, das sich mit dem Cl vereinigt, so daß nach der Dissoziation ein positives Natrium-Ion und ein negatives Chlor-Ion vorhanden sind. Geht der galvanische Strom durch den Elektrolyten, so gibt das negative Ion, während es sich an der Anode ausscheidet, das überzählige Elektron ab, und das positive Ion nimmt bei der Berührung mit der Kathode von dieser ein Elektron auf; beide Ionen sind nun neutralisiert. — Der elektrische Strom innerhalb eines starren Leiters ist als eine Bewegung freier negativer Elektronen durch den Zwichenraum der Moleküle aufzufassen. Da die Metalle nicht bloß gute Leiter der Elektrizität, sondern auch der Wärme sind, so werden auch bei der Wärmeleitung die freien negativen Elektronen eine Rolle spielen. Nach der LORENTZschen Anschauung über das Wesen des Zeemaneffektes dürften die Elektronen auch die Erreger der Lichterscheinungen sein.

II. Untersuchungsmittel.

Im nachfolgenden sollen einige Versuche beschrieben werden, welche auf das Vorhandensein von Elektronen bzw. Ionen und deren Eigenschaften hinweisen. Als Untersuchungsmittel dienen ein Pendel mit isolierter Metallkugel, ein Elektroskop, ein Galvanometer, photographische Platten und elektroskopisches Pulver mit Gebläse. — Der Pendelfaden aus Seide soll 1 bis 2 m lang sein, das Holundermarkkügelchen berührt im unelektrischen Zustand seitlich eine größere polierte hohle Metallkugel, die isoliert aufgestellt ist (Durchmesser ca. 10 cm). Teilt man der Kugel eine elektrische Ladung mit, so entfernt sich das Pendel von der Kugel. Aus der Verringerung des Ausschlags kann man auf das Verschwinden der Ladung schließen. — Das Elektroskop und das Galvanometer sollten empfindliche Instrumente sein. — Als photographische Platten dienen gewöhnliche, wie sie im Handel vorkommen. — Das elektroskopische Pulver besteht aus einem Gemenge von Mennige mit Schwefelblumen, das in einer Porzellanschale zu einem sehr feinen Pulver zusammengerieben wird. Hierauf bringt man das Pulver in das Glas eines Zerstäubungsapparates, aus dem es sich durch Luftdruck mittels eines Handgummigebläses auspressen läßt. Dabei wird Schwefel negativ, Mennige positiv elektrisch. (Es ist ratsam, das Steigrohr nur wenige Millimeter in das Pulver eintauchen zu lassen.)

III. Elektronen und Ionen in Gasen.

Versuch 1. Ionen werden durch glühende Körper erzeugt. Man erhitze in der Bunsenflamme einen Eisendraht, Platindraht, einen eisernen Schlüssel, einen Lötkolben, einen Kohlenstab, wie er zur Erzeugung des Bogenlichts gebraucht wird, auf Rotglut und nähere bis auf etwa 12 cm den glühenden Körper rasch dem Elektroskop. Die Blättchen fallen sofort zusammen, wenn das Instrument negativ geladen war; nicht aber bei positiver Ladung. Demnach gehen von dem rotglühenden Körper hauptsächlich positive Ionen aus. Erhitzt man weiter bis zur Weißglut, so verschwindet der Ausschlag des Elektroskops, ob dieses negativ oder positiv geladen ist. Ein weißglühender Körper erzeugt somit positive und negative Ionen. — Das Elektroskop kann auch durch den Pendelapparat ersetzt werden. — Da die glühenden Körper sich an der Luft rasch abkühlen, so wird man besser daran tun, Metalldrähte mit



einem galvanischen Strom glühend zu machen. Zu diesem Zweck spannt man den Draht zwischen zwei kurzen Messingsäulchen mit Klemmschrauben über ein kleines rechteckiges Holzbrettchen in etwa 3 cm Entfernung parallel zur Ebene des Brettchens. — Der Versuch kann mit den verschiedenen Drahtarten gemacht werden; auch glühende Zigarrenasche wirkt.

Versuch 2. Ionen werden durch Flammengase erzeugt. Die Flamme eines Zündholzes, einer Kerze, eines Bunsenbrenners (leuchtend und nichtleuchtend), die Weingeist-, Benzin-, Petroleumflamme, das Auerlicht ohne Zylinder, brennender Magnesiumdraht etc. erzeugen positive und negative Ionen, so daß die Blättchen des Elektroskops zusammenfallen, ob dasselbe positiv oder negativ geladen ist; auch der Pendelausschlag verschwindet, gleichgültig, welcher Art die Ladung der isolierten Metallkugel ist, wenn man die Flamme dem Untersuchungsapparat bis auf etwa 15 cm nähert. Dabei kann man wahrnehmen, daß eine negative Ladung rascher als eine positive verschwindet.

Bemerkung. Die durch Flammengase erzeugten Ionen haben eine verhältnismäßig große Lebensdauer — bis zu 10 Minuten —, daher kann man sie eingehender untersuchen. Siehe die Versuche 3, 4, 5 und 6.

Versuch 3. Die Ionen gehen durch keinen Schirm von Papier, Eisenblech, engmaschigem Stoff oder Drahtnetz, nicht durch Glas, also auch nicht durch die Glaszylinder der Lampen. Davon überzeugt man sich, wenn man zwischen Flamme und Elektroskop einen solchen Schirm bringt.

Versuch 4. Die Ionen steigen mit den Flammengasen in die Höhe; senkrecht über ein Kerzenlicht oder die Stichflamme eines Bunsenbrenners bringe man ein positiv oder negativ geladenes Elektroskop. Die Blättchen fallen zusammen, auch wenn der Abstand zwischen dem Instrument und der Flamme 2 m beträgt.

Versuch 5. Die Flammengasionen lassen sich in jeder Richtung durch einen Luftstrom forttragen. Zur Erzeugung des Stromes benutzt man ein größeres Gebläse oder noch besser einen Blasetisch. Die Luft tritt aus einer etwa 40 cm langen, 2 cm weiten Glasröhre aus und bewegt sich mit ziemlicher Geschwindigkeit unmittelbar über eine Flamme hinweg. Bringt man das geladene Elektroskop in den Luftstrom, so reagieren die Blättchen noch, auch wenn das Instrument 2 und 3 m von der Flamme absteht. Der Versuch läßt sich wie folgt abändern.

Versuch 6. Das geladene Elektroskop A befindet sich in etwa 15 cm Abstand von einem Bunsenbrenner B. Die brennende Flamme würde auf diese kurze Distanz auf das Elektroskop wirken. Bläst man aber einen kräftigen Luftstrom senkrecht zur Richtung AB, zwischen A und B hindurch, so bleibt die Divergenz der Blättchen bestehen, auch wenn die Flamme angezündet wird; ein Beweis, daß die entstehenden Ionen von dem Luftstrom fortgeführt werden.

Versuch 7. Die beiden Arten der Flammengasionen lassen sich voneinander trennen. Nähert man eine Flamme, z. B. die einer Kerze, mit der Hand dem positiven Konduktor der in Bewegung befindlichen Influenzmaschine, so wird die Flamme abgestoßen. Dabei vereinigt sich die positive Elektrizität des Konduktors mit der negativen Elektrizität der negativen Ionen, und die positiven Ionen der Flamme werden fortgetrieben. Von der Flamme geht sonach ein Strom positiver Ionen aus. Bringt man aber die Kerzenflamme

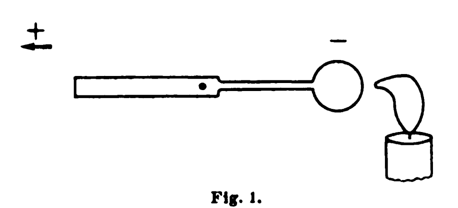


Fig. 1.

in die Nähe des negativen Konduktors bei bewegter Maschine (Fig. 1), so wird die Flamme angezogen, oder sie wird breit fragezeichenartig deformiert. Die negative Elektrizität der Maschine vereinigt sich mit der positiven Elektrizität der positiven Gasionen, und die negativen Ionen erfahren eine Abstoßung; von der Flamme weg

geht ein Strom negativer Ionen. Diese Erscheinungen treten stets auf, so daß aus dem Verhalten einer Flamme gegen den geladenen Konduktor einer Maschine man immer rasch und richtig auf dessen Polarität schließen kann. — Mit den Strömen positiver bzw. negativer Ionen sollen nun einige Versuche angestellt werden (8, 9, 10).

Versuch 8. Ein unelektrischer isolierter Leiter wird von dem Strom der positiven Ionen sofort positiv geladen; man kann aus ihm einen Funken ziehen. Ein Elektroskop lädt sich alsbald. Ist ein Leiter drehbar und isoliert aufgestellt, so wendet er sich einem unelektrischen Körper, z. B. der Hand, zu, wenn der Ionenstrom auf ihn auffällt. Ein negativ geladenes Elektroskop verliert seine Elektrizität, sowie man es in den Strom der positiven Ionen stellt.

Versuch 9. Zu diesem Versuch benutze man eine Leidener Flasche, die an Stelle des kleinen, mit dem inneren Belag in leitender Verbindung stehenden Knopfes eine größere Kugel von ca. 10 cm Durchmesser trägt. Die Leidener Flasche stelle man so in den Strom der positiven Ionen, daß die Kugel getroffen wird. Nach kurzer Zeit ist die Flasche geladen, und man kann sie mit dem Entlader unter Funkenbildung entladen. Umgekehrt wird die geladene Flasche langsam im Strom positiver Ionen entladen, wenn der innere Belag negativ war.

Versuch 10. Über die Bahn der bewegten Ionen läßt sich durch diesen Versuch einige Auskunft erhalten. Eine Hartgummischeibe (*A*) von etwa 2 mm Dicke und 20 cm Durchmesser (Fig. 2) wird mit Alkohol gut gereinigt, dann auf der einen Seite mit Stanniol beklebt, getrocknet und durch eine Bunsenflamme gezogen, um jede Spur von Elektrizität zu entfernen. Ferner wird in die Mitte eines größeren Bogens aus Kartonpapier (*B*) mit dem Korkbohrer eine kreisrunde Öffnung von etwa 6 mm Durchmesser gestanzt. Hierauf stelle man die Kerzenflamme (*D*) dem negativen Pol (*C*) der ruhenden Influenzmaschine gegenüber — ca. 2—3 cm Abstand —, den Schirm *B* senkrecht zur Richtung *C D*, etwa 8 cm von *D* entfernt, so daß die Mitte der Öffnung des Schirms auf die Gerade *C D* fällt, und schließlich die Scheibe *A* einige Zentimeter hinter den Schirm, diesem die unbelegte Seite zuwendend. Man drehe jetzt die Influenzmaschine kurze Zeit und berühre gleichzeitig die Stanniolseite der Scheibe ableitend. Die durch die Öffnung gehenden negativen Ionen werden von der Scheibe aufgefangen, wodurch sie elektrisch wird. Um die Verteilung der Elektrizität auf ihr sichtbar zu machen, wird sie aus der Versuchsanordnung bei ruhender Maschine herausgenommen, von einem Ständer senkrecht gehalten und vor ihrer unbelegten Seite in etwa 30 cm Abstand das elektroskopische Pulver zerstäubt (Druck nicht zu groß!). Es zeigt sich auf der Scheibe ein scharfbegrenzter Kreis *E* von Mennige bedeckt; um diesen her läuft ein schmaler, leerer, konzentrischer Ring *F*, und der übrige Teil *G* der Scheibe ist hauptsächlich von Schwefel bedeckt. Da der Durchmesser des Mennigekreises größer ist, als die geradlinige Fortpflanzung der Ionen fordert, so hat man noch eine gegenseitige seitliche Abstoßung der Ionen anzunehmen. Macht man den Versuch mit dem positiven Konduktor der Maschine, so ist *E* mit Schwefel und *G* mit Mennige bedeckt; *F* bleibt auch diesmal leer. — Recht hübsch wird das Bild, wenn der Schirm mehrere Öffnungen hat, wie z. B. eine Sirenenscheibe. Dann läßt sich auch eine starke Verzerrung der zentralen Kreise auf der Scheibe konstatieren.

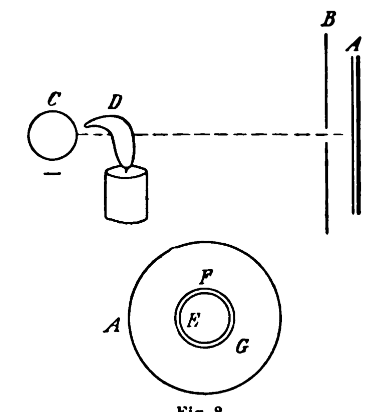


Fig. 2.

Versuch 11. Die Elektronen des Lichtbogens lassen sich durch ein Magnetfeld ablenken. Geht im vertikalen Lichtbogen der Strom von unten nach oben, und stehen die Kraftlinien des Feldes senkrecht dazu etwa von vorn nach hinten, so wird der



elektrische Bogen nach links abgelenkt. Zu dem Versuch benutze man einen Handregulator und zwei Stabmagnete. Ein kräftiges Magnetfeld kann sogar den Bogen auslöschen.

Versuch 12. Sehr kräftig wirkende Ionen erhält man durch Röntgenstrahlen. Die von ihnen in der Luft erzeugten Ionen sind positiv und negativ geladen. Schon in einer Entfernung von 1 bis 2 m von einer arbeitenden Röntgenröhre fallen die divergierenden Blättchen eines Elektroskops zusammen, gleichgültig, ob es positiv oder negativ geladen wurde. Wie die Flammengasionen lassen sich auch diese Ionen auf größere Distanzen durch einen Luftstrom fortblasen.

Versuch 13. Die Eigenart der bei der Funkenentladung auftretenden Ionen läßt sich am ehesten an den durch sie erzeugten Lichtenbergschen Figuren studieren. Um letztere sicher und recht deutlich hervorzurufen, benutzt man die bei Versuch 10 erwähnte Ebonitscheibe, die man vor jedem Versuche durch die Bunsenflamme ziehe. Die beiden Konduktoren einer Influenzmaschine werden in einer gegenseitigen Entfernung von 3 bis 4 cm geladen. Alsdann wird die nicht belegte Seite der Hartgummischeibe ganz kurz in Berührung mit den Kugeln gebracht, während man mit den Fingern die Stanniolseite ableitet. Hierauf wird vor der nichtbelegten Seite der

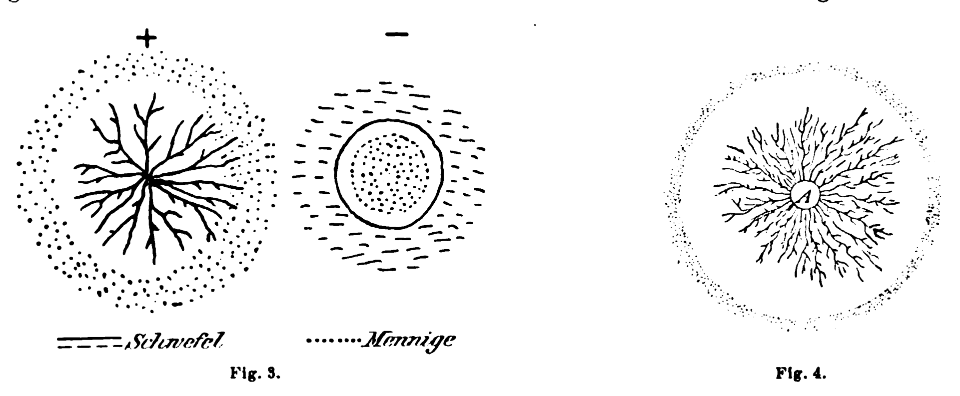


Fig. 3. Fig. 4.

vertikal gehaltenen Scheibe das elektroskopische Pulver zerstäubt. Die positive Figur (Fig. 3) erscheint von Schwefel, die negative von Mennige aufgezeichnet. — Dreht sich die Maschine noch, während die Ebonitscheibe auf dem Konduktor aufliegt, so wird die Verästelung der positiven Figur äußerst reich; auch die negative Figur zeigt verwickeltere Verhältnisse, beide Figuren gehen ineinander über, und die einzelnen Fiedern sind von sehr schmalen leeren Streifchen eingerahmt.

Versuch 14. Anders gestalten sich die Figuren bei der Spitzenentladung. Der eine Konduktor der Influenzmaschine wird abgeleitet, der andere endet in eine feine Metallspitze, etwa eine scharfe Spitze einer dünnen Nähnadel. Die gut gereinigte und durch die Bunsenflamme gezogene Ebonitscheibe wird so an einem Träger aufgestellt, daß sie von der Nadelspitze auf der nichtbelegten Seite in einem markierten Punkte A berührt wird und senkrecht zur Nadel steht. Nun versetzt man die Influenzmaschine kurze Zeit in Tätigkeit und berührt währenddem die Stanniolseite der Scheibe ableitend. Sowie die Maschine ruht, nimmt man die Ebonitscheibe weg und zerstäubt vor ihr das elektroskopische Pulver. War die Nadelspitze der negative Pol, so erscheint auf der Scheibe ein Kreis um das Zentrum A bedeckt mit Mennige; beim positiven Pol aber zeigt sich ein leerer Kreis um A, von dessen Umfang gefiederte Strahlen, vom Schwefel dargestellt, nach allen Seiten ausgehen. — Die Kreise haben in der Regel 2 cm Durchmesser (Fig. 4).

Versuch 15. Die Elektronen der Glimmentladung. Läßt man den Funkenstrom eines Induktoriums oder einer kräftigen Influenzmaschine durch eine Vakuumröhre gehen, so tritt unter den bekannten Bedingungen die Schichtung des positiven Lichtes



auf. Diese Schichten werden von einem Magnetfeld leicht beeinflußt. Sie lassen sich durch das Kraftfeld verschieben, knicken, ihre Intensität kann an beliebiger Stelle erhöht oder abgeschwächt werden. Die Ablenkung geschieht stets im Sinne der linken Handregel. — Der Versuch gelingt leicht mit zwei Stabmagneten.

Versuch 16. Die Kathodenstrahlen werden von einem Magnetfeld wie bekannt abgelenkt.

Versuch 17. Kathodenstrahlen laden die getroffene Glaswand negativ elektrisch. Um dies nachzuweisen, erzeuge man die Kathodenstrahlen in einer kugelförmigen Vakuumröhre, wo sie von einer Hohlkathode ausgehen. Sie erregen auf der gegenüberliegenden Glaswand einen kreisförmigen Fluoreszenzfleck von 2—3 cm Durchmesser. Verstäubt man nun vor der Röhre, solange sie in Wirksamkeit ist, das elektroskopische Pulver, so zeigt sich nach der Unterbrechung des Stromes folgendes Bild: Die Fläche des Fluoreszenzkreises ist dicht mit Schwefel bedeckt; um diesen vollen Kreis zieht sich ein schmaler, leerer, konzentrischer Ring, und dann folgt wieder Schwefelstaub, der jedoch nicht so dicht liegt wie auf dem Fleck. Daraus folgt, daß die Außenwand der Röhre durch Influenz der negativen Innenwand positiv elektrisch wird, hauptsächlich an der Stelle, wo die Kathodenstrahlen auftreffen. Bemerkenswert ist der freie Hof.

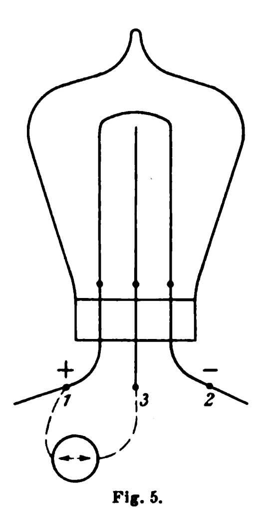


Fig. 5.

Versuch 18. Der Edisoneffekt. Zu diesem Versuch ist eine Glühlampe von besonderer Konstruktion notwendig. Der Kohlenbügel ist einfach, ohne Schleife, und zwischen den beiden Teilen des Bügels befindet sich ein rechteckiges Metallblech, dessen Ebene senkrecht zur Bügelebene verläuft (Fig. 5). Das Blech ist vom Bügel isoliert, steht aber in leitender Verbindung mit einer dritten Klemme am Fuße der Lampe. Die Glasbirne selbst ist hoch evakuiert. Geht nun ein Strom durch den Bügel, so sendet er im glühenden Zustande Elektronen aus, die von dem Metallblech z. T. aufgefangen werden. Dieses lädt sich also negativ. Legt man daher eine Leitung von der positiven Lampenklemme zu der dritten Klemme, so zirkuliert darin ein Strom, solange die Lampe glüht. Dieser läßt sich durch ein empfindliches Galvanometer nachweisen. Kein Strom oder ein sehr schwacher Strom wird erhalten, wenn die dritte Klemme mit dem negativen Pol der Lampe verbunden wird.

Versuch 19. Radioaktive Körper senden β-Strahlen (Elektronen) aus, die auf die photographische Platte wirken. Zu den radioaktiven Körpern gehört auch Thorium, und Thoroxyd findet sich in den Glühkörpern des Auerlichtes. Man sammle die Reste zerbrochener Glühkörper, reinige sie und pulvere sie fein. Im Dunkeln (bzw. bei rotem Lichte) wird dann eine photographische Platte in schwarzes Papier gehüllt und wagrecht in eine Schachtel aus Pappe mit der empfindlichen Schichte nach oben gebracht. Auf die Platte legt man hierauf einige Münzen und siebt das Thoroxyd gleichmäßig über die ganze Platte einschließlich der Münzen. Die Schachtel wird verschlossen und $1^1/_2$ Tage an einem dunklen Ort aufbewahrt. Nach dieser Zeit kann man entwickeln und fixieren. Die Schattenbilder sind recht scharf, besonders dann, wenn zwischen Platte und Münze kein Pulver fiel.

Versuch 20. Phosphor ionisiert die Luft. Ein erbsengroßes Stückchen Phosphor wird unter Wasser von der Stange abgeschnitten, aus dem Gefäß herausgenommen und rasch abgetrocknet. Nähert man dasselbe einem geladenen Elektroskop, so fallen die Blättchen zusammen, ob die Ladung positiv oder negativ war.

Versuch 21. Wirkungen der Gasionen. Bringt man die Ionen in eine Funkenstrecke, so gehen die Funken auf eine Distanz über, die vorher für die Entladung



zu groß war. Der Versuch kann mit den Flammengasionen an der Funkenstrecke einer Influenzmaschine gemacht werden oder mit Ionen, die Röntgenstrahlen erzeugen und auf die Funkenstrecke eines kleinen, durch 1 bis 2 Bunsenelemente betriebenen Induktors fallen.

Versuch 22. Luftionen sind stets und überall vorhanden, besonders in den Kellerräumen der Häuser. Ein Elektroskop wird an diesen Orten rascher entladen als in den oberen Stockwerken. — Da die Ionen nach ihrer Entstehung nicht sofort wieder durch Vereinigung verschwinden, so dürfen Versuche über Ionen an einem und demselben Orte nicht zu rasch aufeinander folgen. Man kann auch Fenster und Türen öffnen, um durch Zugluft die Ionen fortzuführen.

IV. Ionen in starren Körpern.

Versuch 23. Ionen entstehen durch Reibung. Zu dem Versuche benutze man die in Nr. 10 beschriebene Hartgummischeibe. Sie wird gut mit Alkohol gereinigt und durch die Bunsenflamme gezogen. Hierauf fahre man mit der Spitze eines dünnen Holz- oder Glasstabes leicht über die freie Seite der Scheibe hin und zerstäube dann vor ihr das elektroskopische Pulver. Die soeben beschriebene Bahn tritt als scharfe Mennigelinie sehr deutlich hervor, während sonst nirgends an der Scheibe Pulver hängen bleibt. Es ist demnach die Scheibe längs der Linie negativ geladen. — Reibt man die gut gereinigte Ebonitplatte mit Seidennoppe oder einem Katzenpelz und bestäubt hernach die Platte, so sieht man auf der Scheibe eine Unzahl von durcheinander laufenden Mennigekurven, wie sie eben beim Reiben von den hervorragenden Teilen des Reibzeugs beschrieben worden sind. Die Platte wird daher beim Reiben nicht überall gleich stark elektrisch, ja man findet auch Stellen, die mit Schwefel bedeckt, also positiv geladen sind. — Ebenso kann man die Glasscheibe einer Reibungselektrisiermaschine untersuchen; die Kurven sind deutliche Kreislinien, durch Schwefel aufgezeichnet.

Versuch 24. Ionen werden durch Wärme in Wirksamkeit versetzt. Man bilde einen Stromkreis, in den ein Galvanometer (muß nicht besonders empfindlich sein) und die beiden Kohlen einer Bogenlampe für Handregulierung eingeschaltet sind. Bei Berührung der Kohlen zirkuliert selbstverständlich kein Strom, da die Stromquelle fehlt. Nun entferne man die eine Kohle von der anderen und erhitze die eine mit der Bunsenflamme. Bringt man jetzt beide Kohlen wieder zur Berührung, so zeigt das Galvanometer einen elektrischen Strom von der warmen zur kalten Kohle an.

Versuch 25. Der Halleffekt. Die Elektronen, welche den elektrischen Strom bilden, werden von einem Magnetfeld aus ihren Bahnen abgelenkt. Eine rechteckige Glasplatte wird auf die bekannte Weise mit Blattgold oder Blattwismut belegt. Den Strom eines Elements lasse man sodann mit Hilfe von Klemmschrauben in den Mitten der Kurzseiten des Rechtecks ein- bzw. austreten. Ferner schließe man einen zweiten Leitungskreis in den Mitten der Langseiten an und schalte in diesen Kreis ein empfindliches, auf 0 eingestelltes Galvanometer ein. Bleibt die Nadel auf 0 stehen, so haben die Mitten der Langseiten gleiche Potentialdifferenz, und der Apparat ist zum Gebrauch fertig. Entfernt sich aber der Zeiger aus der Ruhelage 0, so hat man eine Klemme der Langseite so weit zu verschieben, bis der Zeiger auf die Nullage zurückgeht. Hat man dies erreicht, so lasse man senkrecht zur Platte ein starkes Magnetfeld wirken, und man wird alsbald einen deutlichen, konstanten Ausschlag des Zeigers beobachten können. Die Wismutplatte mag 6 cm lang, 4 cm breit und 0,5 mm dick sein; Stärke des Magnetfeldes etwa 1200 Einheiten.



Über einige mit dem Wehnelt-Unterbrecher angestellte Versuche.

Von

Dr. **K. Bergwitz** (Braunschweig).

Zu den Versuchen von E. Thomson[1]), die er in der *Electrical World* von 1887 beschrieben hat, und die auf der Weltausstellung in Paris 1889 großes Aufsehen erregten, wird bekanntlich der Strom einer Wechselstrommaschine benutzt. Will man also diese Versuche nachmachen, so muß man Wechselstrom zur Verfügung haben. Nun ist aber ein Schullaboratorium nicht immer in der glücklichen Lage, an ein Wechselstromnetz angeschlossen zu sein oder gar eine Wechselstrommaschine genügender Stärke zu besitzen, obwohl ja bei der jetzigen enormen und sicher noch steigenden Bedeutung der Wechselstromtechnik es notwendig wäre, daß wenigstens in den Oberklassen der Oberrealschule die wichtigsten Gesetze des Wechselstroms theoretisch wie experimentell behandelt würden. Es ist daher von großer Wichtigkeit, daß man mit Hilfe einer Gleichstrombogenlampe, die parallel zu einem Kondensator und einer Selbstinduktion geschaltet ist, leicht aus Gleichstrom Wechselstrom erzeugen kann. Die Schaltungsweise ist bekanntlich zuerst von Duddel[2]) angegeben, unabhängig davon aber auch von Prof. Peukert[3]) gefunden worden. Letzterer beschreibt eine Anzahl schöner Versuche, die er mit Hilfe der erwähnten Schaltungsweise angestellt hat, und die gerade die charakteristischen Eigenschaften des Wechselstroms zeigen, nämlich die der Impedanz und der induktiven Abstoßung.

Bei diesen Versuchen erkennt man aus dem hohen Ton des pfeifenden Lichtbogens bald, daß es sich hier um hochfrequente Wechselströme handelt, da ja die Schwingungszahl des Tones gleich der des Wechselstroms ist. Eine Verkleinerung derselben erreicht man bekanntlich in bequemster Weise durch Vergrößerung der Kapazität. — Prof. Peukert benutzt zu seinen Versuchen beinahe 8 M. F. Wenn aber die Versuche mit noch langsameren Schwingungen ausgeführt werden sollen, damit sie um so sicherer gelingen, damit ferner dem Wechselstrommagneten genügende Energie zugeführt und der Lichtbogen etwas größer gewählt werden kann, muß man noch größere Kapazitäten, etwa 15 M. F., wählen, also eine Kapazität, die in einem Schullaboratorium wohl zu den Wünschen des Lehrers gehört, aber nicht oft vorhanden sein möchte.

Ich habe deshalb diese Versuche mit Hilfe eines Wehnelt-Unterbrechers angestellt. Bei einiger Aufmerksamkeit gelingen sie ohne irgend welche Schwierigkeit. Da an den Unterbrecher bei diesen Experimenten große Anforderungen gestellt werden, sowohl was Stromstärke wie Zeitdauer seines Arbeitens anbelangt, so soll der von mir verwendete zunächst kurz beschrieben werden[4]). Ein sehr großer Trog

---

[1]) El. Thomson, Novel Phenomena of alternating currents. Electrical World, 28. V. 1887.
J. H. Fleming, Proc. Royal Inst. 13, 1890—1892.
ETZ. XIV, H. 17, 1893.
S. Thomson, The electromagnet. Deutsch von Grawinkel, 1894. Vgl. diese Zeitschrift III, 38; VI, 256.

[2]) W. Duddel, The Electrician, 1178.

[3]) W. Peukert, ETZ. XXII, H. 23, 1901.

[4]) Nachdem ich bereits diese Abhandlung eingesandt hatte, machte mich der Herr Herausgeber darauf aufmerksam, daß zu den Thomsonschen Versuchen der Wehnelt-Unterbrecher bereits von A. Winderlich benutzt ist (Dissertation, Greifswald 1905, vergl. diese Zeitschrift 20, 253). Auch Max Kohl erwähnt in seinem Kataloge 1908, daß man die elektrolytischen Unterbrecher zu diesen Versuchen benutzen kann. Trotzdem glaube ich die nachbeschriebenen Versuche veröffentlichen zu sollen. Die vollständige Angabe der anzustellenden Versuche und einige Fingerzeige dafür werden gewiß manchem willkommen sein. Außerdem kann man sich den ganzen Apparat billig selbst herstellen.

wird mit Wasser gefüllt. Seinen Boden bildet eine Bleiplatte. Schräg zu ihr geneigt steht ein durchlöchertes, durch einen Keil verstellbares Porzellanrohr, wie es von der Firma H. Schomburg[1]) als Hochspannungsisolator in den Handel gebracht wird. Durch die Öffnung steckt man einen angespitzten Nickeldraht und befestigt ihn mit Hilfe eines Korkes im oberen Teil des Rohres. Beigefügte Figur 1 möge die Beschreibung ergänzen. Figur 2 soll das Schaltungsschema darstellen. Wenn man übrigens den Draht entfernt und statt desselben ein Bleirohr in die Porzellanröhre schiebt, so erhält man in einfachster Weise den Simon-Unterbrecher.

Den Wehnelt-Unterbrecher legt man nun mit Vorschaltung eines kleinen Regulierwiderstands direkt an die Zentrale von 220 Volt und schaltet mit ihm eine Selbstinduktion in Serie. Diese ist eine Spule, die aus einem 2 mm dicken, isolierten Kupferdraht hergestellt ist. Die 32 Windungslagen sind scheibenförmig gewickelt und enthalten je 12 Windungen. Der Widerstand beträgt etwa 2 Ohm. Das Innere der Spule bildet ein 14 cm langer Eisenkern, der aus dünnen lackierten Eisendrähten besteht. Sein Durchmesser beträgt 5 cm.

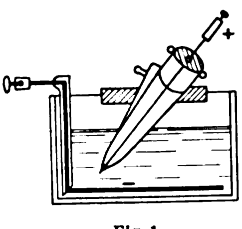


Fig. 1.

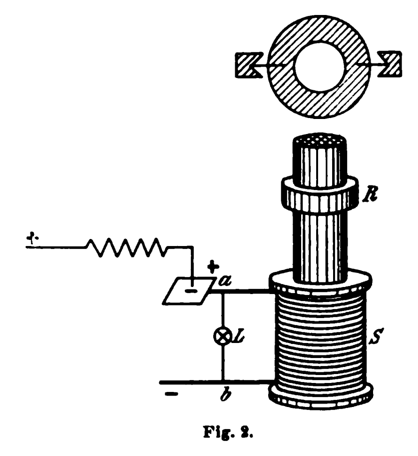


Fig. 2.

Schaltet man den Strom ein und träufelt vorsichtig verdünnte Schwefelsäure in den Wassertrog, so wird man bald, eventuell auch durch Regulierung des Unterbrechers selbst, die günstigste Stromstärke und Unterbrechungszahl für die einzelnen Versuche erhalten. Die Versuche, die mit dieser Einrichtung angestellt wurden, und deren Erklärung sich wohl von selbst ergibt, sind nun folgende:

1. Schiebt man über den Eisenkern einen Aluminiumring *R* (Fig. 2), so fängt der Ring bekanntlich an zu tanzen. Schaltet man plötzlich aus, so fliegt er im hohen Bogen vom Kern ab. Vorteilhaft ist es hierfür, auf den Eisenkern noch einen gut polierten Weicheisenzylinder zu setzen. Jetzt legt man Kern und Spule wagerecht und läßt den Ring an einem langen Faden frei über dem Eisenkern dicht vor der Spule schweben. In diese steckt man eine Stecknadel, um die sich ein Strohhalm als zweiarmiger Hebel drehen kann. Befestigt man an seinem unteren Ende und dem Ringe einen starren Draht, so bewegt sich der längere obere Teil des Halmes hin und her. Man hat so ein Modell eines induktiven Wechselstrommessers, wie er nach den Angaben von Peukert in der Praxis benutzt wird.

2. Der Aluminiumring wird durch einen aufgeschnittenen ersetzt. Dieser bleibt dann bei Einschaltung des Stromes ruhig liegen.

3. Es wird Versuch 1 wiederholt, nur läßt man einen Schüler den Ring festhalten. Es dauert nicht lange, dann gibt er ihn frei, da er zu heiß wird. Man kann den Ring auch durch kurze Fäden an der Spule befestigen, die man mit etwas Wachs an den Ring klebt. Dieser hebt sich unter Einwirkung des Stromes, spannt die Fäden und bleibt so stehen; dann schmilzt das Wachs, und er steigt in die Höhe. Noch einfacher ist es, den Ring mit einem Thermoskopblättchen zu umgeben.

4. Lötet man zwei Zinkringe in geringem Abstande unten hart zusammen, füllt den Zwischenraum mit Alkohol oder Wasser aus und schiebt sie über den Eisenkern, so wird die Flüssigkeit heiß und fängt nach einiger Zeit an zu kochen. Schneller und mit geringeren Stromstärken kommt man zum Ziele, wenn man die warm

[1]) A. Schomburg & Söhne, 1907. Roßlau i. A.

gewordene Substanz in den Rezipienten eines Doppelthermoskops gießt, das in bekannter Weise die Erwärmung anzeigt.

5. Es werden zwei gleiche Aluminiumringe über den Kern gelegt. Beide beginnen zu tanzen. Ergreift man nun den einen und bewegt ihn ein kleines Stück in der Richtung der Magnetachse, so folgt ihm jedesmal der andere.

6. Eine dicke Kupferscheibe wird leicht drehbar um einer Achse so befestigt, wie es nebenstehende Figur 3 zeigt. Die Spule S wird dabei etwas höher gestellt. Bringt man ganz dicht über die Scheibe eine Eisenmasse E an und schaltet den Strom ein, so dreht sich die Kupferplatte um ihre Achse. Einfacher ist der Versuch so: Den halben unterteilten Eisenkern bedeckt man mit einer Metallscheibe; darauf setzt man ein rundes Pappschälchen, dessen Boden gut mit Quecksilber bedeckt ist. Auf diesem schwimmt ein Kork mit einer Fahne. Sobald der Strom (25 Ampere) eingeschaltet ist, beginnt die Rotation des Korkes.

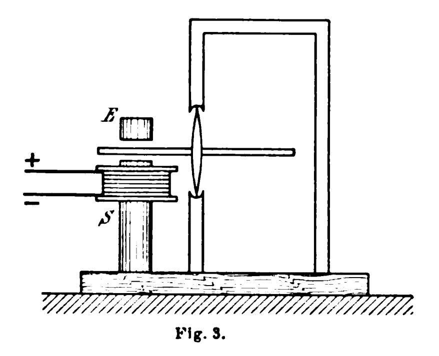


Fig. 3.

7. Aus Kupferblech schneidet man einen Kreisring aus, so daß er bequem über den Kern geht, ohne die Spule zu überragen. An zwei diametral gegenüberliegenden Punkten lötet man zwei Nähnadeln an, deren Spitzen sich in zwei Glasvertiefungen einer Holzgabel leicht drehen lassen. Schiebt man den Kupferring über den erregten Kern, so stellt sich seine Ebene parallel zu der der Spule; hebt man ihn, so daß er sich über dem Magneten befindet, so strebt er darnach, sich senkrecht zur Spulenebene zu stellen (Fig. 2).

8. Eine zweiarmige Wage wird so aufgestellt, daß eine der Metallschalen gerade über dem Magneten schwebt. Wird der Strom eingeschaltet, so wird sie stark abgestoßen. Durch Gewichte kann man dann bei verschiedenen Primärstromstärken und Wechselzahlen das Gleichgewicht herstellen.

9. Über den Eisenkern legt man eine zweite Spule aus dünnem Draht und befestigt an seinen Enden eine Glühlampe. Sobald der Wehnelt-Unterbrecher zu arbeiten anfängt, glüht bekanntlich die Lampe.

10. Zuletzt erwähne ich einen komplizierteren Versuch. Man legt zwischen die beiden Punkte a und b (siehe Figur 2) eine Glühlampe L von 220 Volt und schaltet den Strom ein, ohne daß der Eisenkern sich in der Spule befindet. Der Wehnelt-Unterbrecher arbeitet dann allerdings unregelmäßig. Man sieht, daß die Lampe nur dunkelrot aufglüht. Jetzt bringt man den Eisenkern in die Nähe, die Lampe wird heller, um dann, sobald der Kern die Spule vollständig ausfüllt, normal zu brennen. Zur Erklärung dieses Versuches möchte ich nur hinzufügen, daß man die Impedanz hier in mehrfacher Weise ändert. Den einen Grund erkennt man ja sofort aus dem sich ändernden Tone des Unterbrechers, das ist die veränderte Wechselzahl.

Kleine Mitteilungen.

Über eine Kassette zur Verwendung von Pauszeichnungen im Projektionsapparat.

Von **E. Hering** in Düsseldorf.

Die Benutzung der auf photographischem Wege hergestellten Diapositive zur Projektion von Lichtbildern ist vorteilhaft und allgemein gebräuchlich, indessen auch kostspielig, namentlich wenn die Platten nicht mit eigenen Mitteln hergestellt werden



können. Eine sowohl billigere als einfachere Methode zur Darstellung der Bilder läßt sich in allen Fällen anwenden, bei denen das zu projizierende Bild einfacher Art ist, besonders wenn es nur Linien enthält; sie besteht in der Verwendung von Pauszeichnungen. Gerade für wissenschaftliche Zwecke können diese sehr ausgiebigen Gebrauch finden und die Diapositive meist vollständig ersetzen. Unter Bildern einfacher Art verstehe ich hierbei in erster Linie solche, welche sich leicht mittels Durchpausens von Abbildungen aus Lehrbüchern, Bilderatlanten u. dgl. oder als Originalzeichnungen auf Pauspapier herstellen lassen. Ihre Herstellung bedarf keiner besonderen Erörterung; am vorteilhaftesten benutzt man dünnes Pauspapier, so wie es z. B. die Photographen als Umschlag für Photographien verwenden, und führt die Zeichnungen in farbiger Tusche aus.

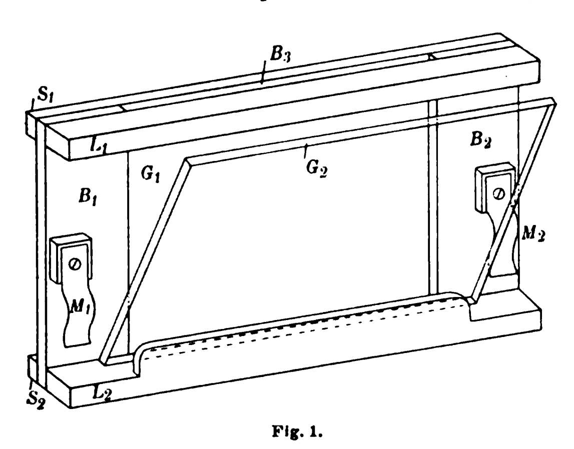


Fig. 1.

Die so hergestellten Pausen oder Zeichnungen lassen sich mittels einer geeigneten, im folgenden näher beschriebenen Kassette direkt im Projektionsapparate zur Darstellung von Lichtbildern verwenden. Die genannte Kassette hat im wesentlichen den Zweck, das Papier mit der Zeichnung plan zu halten. Sie besteht der Hauptsache nach aus zwei Glasplatten G_1 und G_2 (Fig. 1), welche dicht gegeneinander gepreßt werden können. Die eine von ihnen, G_1, ist fest montiert, die andere, G_2, läßt sich um einen kleinen Winkel gegen die erste neigen. Wie diese befestigt ist, geht aus den Figuren 2 und 3 hervor, welche die Kassette von der Rückseite zeigen. Die beiden Holzleisten L_1 und L_2 werden an den Enden mittels zweier Brettchen B_1 und B_2 in der durch die Figuren 1 und 2 angedeuteten Weise zusammengehalten.

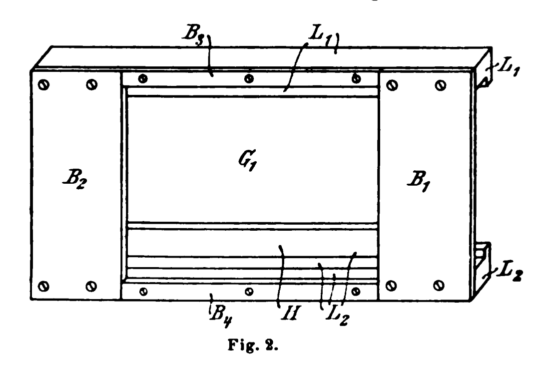


Fig. 2.

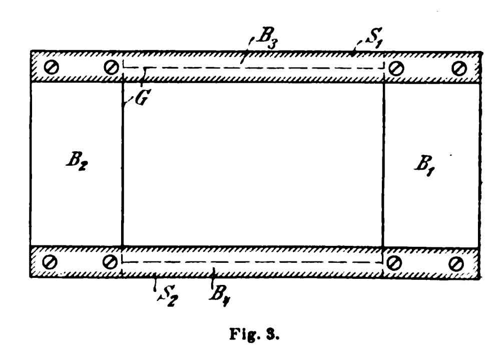


Fig. 3.

Zwischen diesen Brettchen ist die Glasplatte G_1 genau passend eingelegt; sie bedeckt oben und unten zur Hälfte die freien Leistenteile (Fig. 2), während die andere Hälfte derselben durch zwei auf sie aufgeschraubte Brettchen B_3 und B_4 ausgefüllt wird. Die Glasplatte G_1 und die Holzteile B haben die gleiche Dicke. Längs der oberen und unteren Kante des ganzen Rahmens erstrecken sich zur vollständigen Fixierung der Platte zwei Holzstreifen S_1 und S_2 (Fig. 1 und 3), welche an den Brettern B_1 und B_2 angeschraubt sind und die Glasplatte gegen die Leisten L andrücken. Die Befestigung vermittelst der Schrauben ermöglicht eine leichte Auswechselung der Glasplatte für den Fall, daß dieselbe einmal defekt werden sollte. Dicht hinter die Scheibe G_1, unmittelbar auf die Leiste L_2, wird die zweite Glasplatte gestellt. Ehe das Papier mit dem Bilde eingelegt wird, hat sie die gegen die Platte G_1 geneigte

Stellung der Fig. 1, d. h. sie berührt unten die Scheibe G_1 und lehnt sich etwas weiter oben gegen den erhöhten Teil H der Leiste L_2 an. Die Zeichnung wird nun zwischen die geneigten Platten gebracht und hierauf die Scheibe G_2 mittels zweier drehbarer Messingfedern M_1 und M_2 (Fig. 1) gegen die andere angedrückt. In der Regel genügt hierzu auch schon die Benutzung einer der Federn. Die bewegliche Platte ist beträchtlich länger als die stabile, damit die Federn jene an den Enden gegen die Bretteile B_1 und B_2 andrücken, wodurch erreicht wird, daß die Federn im Bilde unsichtbar sind. Aus schwarzem Dunkelkammerpapier lassen sich leicht Blenden schneiden, welche, mit der Zeichnung eingelegt, dem Lichtbilde die gewünschte Form und Größe der Begrenzung geben; jedoch sind diese im allgemeinen entbehrlich.

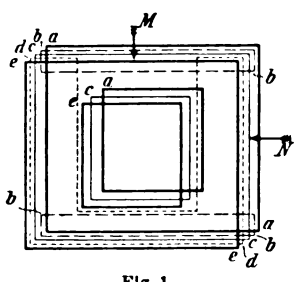
Bei Benutzung von Pauszeichnungen ist keine starke Belichtung erforderlich; sie lassen sich selbst bei Petroleumbeleuchtung im Projektionsapparate verwenden, wenn sie auf nicht allzu dickem Pauspapier zur Ausführung gebracht sind; in letzterem Falle können selbst Bleistiftzeichnungen mit Erfolg benutzt werden. Das Pauspapier der einzelnen Bilder braucht im allgemeinen nur so groß zu sein wie die Zeichnung, indessen wählt man der Bequemlichkeit halber die Größe entsprechend derjenigen der Kassette. Die Aufbewahrung der Pausen geschieht am geeignetsten in niedrigen Kästchen, in welchen sie mit einem Glasdeckel beschwert werden, oder in steifen Kuverts. Gegenüber den Diapositiven haben die Pauszeichnungen den Vorzug, daß sie äußerst billig und schnell herstellbar sind.

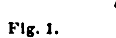
Die Verwendung eines Diapositivrahmens für optische Versuche.

Von V. **Erlemann** in St. Petersburg.

Folgende aus Rahmen und Schieber bestehende Vorrichtung kann leicht mit geringen Kosten hergestellt werden und vermag eine Reihe von Apparaten für objektive Darstellung optischer Erscheinungen zu ersetzen.

Fig. 1 stellt den Rahmen vor. Die einzelnen Schichten *a*, *b*, *c*, *d*, *e* werden der Reihe nach aufeinandergeklebt. Die erste Schicht *a* besteht aus mitteldicker Pappe; die Leisten *b* sind (ev. aus Holz) so dick bemessen, daß der Schieber (Fig. 2) in dem




Fig. 1.

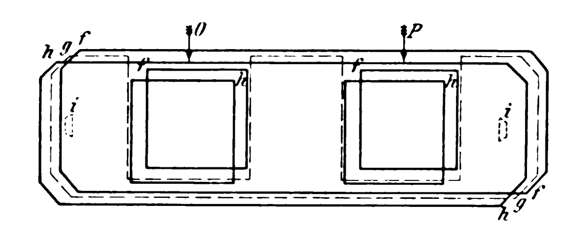


Fig. 2.

zwischen *a* und *c* verbleibenden Hohlraum N Platz findet; *c* besteht aus dünnem, festem Karton, die Leisten *d* und die Schicht *e* aus mitteldicker Pappe, wobei die Leisten *d* so dick gewählt sind, daß Diapositive oder farbige Gläser in den Hohlraum M hineinpassen. Der Rahmen enthält also einen durchgehenden für den Schieber bestimmten Hohlraum N und einen nur oben offenen für Diapositive bestimmten Hohlraum M.

Der Schieber (Fig. 2) besteht aus einer Schicht *f* mitteldicker Pappe, einer zweiten *g* von der Dicke der zur Verwendung kommenden Diapositive und einer dritten *h* aus dünnem, festem Karton. Der Zwischenraum zwischen O und P ist natürlich so breit bemessen, daß Diapositive seitlich vom Rahmen ausgewechselt

werden können, während zwei Pappklötzchen i bei richtiger Einstellung des Schiebers an den Rahmen stoßen.

Die Dimensionen richten sich nach dem an der Laterne vorhandenen Raum für Bilderrahmen und nach Diapositivgröße. Trotz der hierbei unvermeidlichen Verschiebung ist es bequemer, den Rahmen auf einem Brettchen zu befestigen und auf das Projektionstischchen der Laterne zu setzen. Den Diapositivhalter in Rücksicht auf Dauerhaftigkeit aus Metall zu machen, ist unnütz; mein Halter aus Pappe, mit den zugehörigen Diapositiven in einem Kästchen aufbewahrt, wird bereits vier Jahre in drei Anstalten zu den unten angeführten Versuchen benutzt, ohne gelitten zu haben.

Zur Demonstration der als optische Täuschungen bekannten Zeichnungen kommt in M ein Diapositiv mit dem parallelen, in O oder P ein Diapositiv mit dem anderen Liniensystem; bei zugekehrten Bildseiten erhält man genügend scharfe Bilder. Für die konvergent resp. divergent verlaufenden Parallelen werden diese bis auf drei durch eine Blende aus schwarzem Papier, die in M noch Platz findet, abgedeckt; bei geringer Verschiebung des Schiebers erscheinen die Parallelen bald konvergent, bald divergent. In gleicher Weise erscheinen dieselben Parallelen bald X- oder O-förmig geknickt, wenn man im Schieber das entsprechende schräge Liniensystem benutzt; stellt man hierbei die Parallelen horizontal ein, so wandern die Knickungspunkte bei Verschiebung des Schiebers mit. Auch die weniger bekannten Preobraschenskischen Zeichnungen — Chwolson, Lehrb. d. Ph., Bd. II, Fig. 452 u. 453 — eignen sich zur Demonstration; ebenso läßt sich Fig. 449 des genannten Werkes demonstrieren, wenn man in M eine Glasplatte mit breitem, aufgeklebtem Stanniolstreif und in den Schieber ein Diapositiv mit den schrägen Linien setzt; eine geringe Verschiebung des Schiebers läßt die Täuschung beurteilen.

Für Irradiation kommt in M in vertikaler Stellung eine zur Hälfte mit Stanniol beklebte Glasplatte mit einem kreisförmigen Ausschnitt im Stanniol, in den Schieber eine Glasplatte mit einem seitlich in richtiger Höhe aufgeklebten Stanniolkreis von der Größe des Ausschnitts; daß beide Kreise gleich sind, läßt sich bei Verschiebung des Schiebers durch Abdecken des hellen Kreises durch den dunklen zeigen. Benutzt man statt des Stanniolkreises im Schieber einen Kreis aus dünnem, geöltem Papier, so läßt sich Irradiation der Mondsichel zeigen.

Für Helligkeitsermüdung setzt man in M eine mit Stanniol beklebte Glasplatte mit einem kleinen kreisförmigen und einem breiten konzentrischen kreisförmigen Ausschnitt, so daß auf dem Schirm ein Lichtkreis mit hellem Zentrum und konzentrischem, dunklem Kreisband erscheint, in O eine zur Hälfte mit Stanniol belegte Glasplatte, die in der Mitte zum Fixieren eine Zacke hat, welche bei richtiger Stellung in das Kreiszentrum fällt; ist das Auge durch Fixieren der halbverdeckten Kreisfigur ermüdet, so wird eine in P gesetzte feinkörnige Mattglasscheibe vorgeschoben. Hält man hierbei vor M eine farbige Scheibe, so läßt sich Farbenermüdung zeigen.

Für negative Nachbilder kommt in O ein aus Stanniol auf Glas ausgeschnittenes kleines vierscheibiges Fenster, das zum Fixieren in der Mitte des Kreuzes einen punktförmigen Ausschnitt hat, in P die Mattglasscheibe, die nach Fixierung des Fensterbildes vorgeschoben wird. Der Versuch kann durch Einsetzen farbiger Scheiben in M variiert werden. Für Farbenkontrast kommt das erwähnte kreisförmige Diapositiv in M, in O eine farbige Scheibe und in P die Mattglasscheibe, welche nach Fixierung des farbigen Bildes vorgeschoben wird und das komplementär gefärbte Bild erscheinen läßt; statt dieses Kreis-Diapositivs verwendet man besser einen hellen Kreis mit schwarzem Fleck im Zentrum zum Fixieren. Setzt man in M als Diapositiv eine Rose mit Stengel und Blatt, die man sich aus einer schwarz entwickelten photographischen Platte auskratzt und mit einigen Zeichenstrichen versieht, in O zwischen dünne Glasplatten rote und grüne Gelatinestreifen, so daß die Blüte grün



und Stengel mit Blatt rot erscheinen, und fixiert den Grenzstrich zwischen Blüte und Stiel, so erhält man beim Vorschieben der Mattglasscheibe ein Bild in annähernd natürlichen Farben.

Für farbige Schatten benutzt man in *M* das zuerstgenannte kreisförmige Diapositiv oder besser ein ähnliches mit konzentrischem, dunklem Kreuz oder Stern und im Schieber eine farbige Scheibe; schraubt man das Beobachtungsfenster der Laterne ab und spiegelt das seitlich austretende weiße Licht auf das dunkle Bild im farbigen Felde, so erscheint dieses komplementär gefärbt. Ein sehr hübsches Bild erhält man, wenn man in *M* ein in Stanniol auf Glas ausgeführtes Diapositiv benutzt, das nebeneinander zwei kleine rhombische Figuren nach Liesegang, Projektionskunst, XI. Aufl., Fig. 132 enthält, in *O* einen farbigen Glasstreifen setzt, durch welchen nur die eine Figur gefärbt wird, und nun das weiße Bild mit dem farbigen vermittelst Prismas teilweise zur Deckung bringt.

Die farbigen Gläser (grün, rot, gelb, blau) dürfen nicht zu dunkel gewählt sein, wenn die Wirkung genügend intensiv sein soll; ferner müssen sie deutlich ausgesprochene Komplementärfarben liefern.

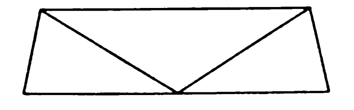
Auch zur Demonstration von Mischfarben in durchgehendem Licht (Farbensubtraktion) läßt sich der Diapositivhalter verwenden.

In bezug auf Herstellung der Bilder sei noch hinzugefügt, daß sich die Zeichnungen auf mit Mattlack behandeltem Glase oder fixierten photographischen Platten leicht ausführen lassen. Die Stanniol-Diapositive gelingen auch leicht, wenn man die Glasplatte mit verdünntem Syndetikon bestreicht, Stanniol darauflegt, einen runden Bleistift mit Druck darüberrollt, wobei das Stanniol sich glatt anlegt, und die überflüssige Klebmasse herausquillt. Geradlinige Figuren werden mit Messer und Lineal ausgeschnitten. Für Kreisfiguren wird der feste Schenkel des Zirkels auf ein angeklebtes Kartonstückchen gesetzt, während der andere Schenkel einen scharfen Schnitt gibt, wenn er in der Richtung des Schnittes etwas angeschliffen ist. Nachdem die ausgeschnittene Figur mit dem Messer abgehoben ist, wird die Klebmasse mit nassem Läppchen abgetupft, wobei die ev. aufgeworfenen Kanten des Stanniols sich glatt an die Glasplatte anlegen.

Geradsichtiges Prisma und Apparat zur Projektion von Spektren.

Von **Joh. Koenigsberger** in Freiburg i. B.

Das im folgenden beschriebene geradsichtige Flüssigkeitsprisma hat dieselbe Stärke der Dispersion und daher ein gleichgroßes Spektrum wie die besten Prismen nach Wernicke. Alle geradsichtigen Prismen haben vor den gewöhnlichen Prismen den Vorzug, daß weißes Licht nur spektral zerlegt, aber nicht abgelenkt wird. Deshalb kann die Projektion eines Spektrums mit geradsichtigem Prisma sich in jedem Raum bequem ausführen lassen. In der Herstellung ist das neue Prisma einfacher als die Prismen nach Wernicke, die zwei Glasprismen und ein Flüssigkeitsprisma erfordern. Daher sind die Herstellungskosten bei gleicher Größe und Leistungsfähigkeit weniger als ein Drittel derer anderer Prismen. Wenn hohe Lichtstärke verlangt wird, z. B. in großen Sälen ein weithin sichtbares Spektrum entworfen werden soll, so können ohne große Kosten Prismen mit 100 mal 100 mm oder 200 mal 200 mm angefertigt werden. Ein säurefest bei 550° gekitteter, nahezu rechtwinkliger Flüssigkeitstrog, von oben gesehen, wie die Figur zeigt, ist in drei Prismen geteilt, von denen die beiden äußeren mit einer Flüssigkeit von geringer Dispersion, das innere mit einer Flüssigkeit von viel größerer Dispersion und ähnlichem Brechungsindex gefüllt sind. Die





Flüssigkeiten bleiben in dem zugekitteten Prisma und verändern sich nicht[1]), während Zimtäthyl oder -aldehyd der Wernicke-Prismen oder der Schwefelkohlenstoff anderer Prismen nach Gebrauch zurückgegossen werden muß. Die Füllung wurde so gewählt, daß das Spektrum bis 400 $\mu\mu$ reicht, also weit länger als z. B. bei Zimtaldehydfüllung. Wird sehr starke Dispersion, etwa doppelt so groß wie bei den Wernicke-Prismen, gewünscht, so werden zwei Prismen fest zu einem System verbunden. Es ist das der Herstellung von 5 teiligen Prismen oder der Reflexion der Rückfläche vorzuziehen. Durch das Lösen einer Schraube kann das Zwei-Prismen-System getrennt und jedes Prisma für sich verwandt werden. Da die Prismen wegen ihrer Größe sehr lichtstark sind, so konnte ein einfacher Spektral-Projektionsapparat konstruiert werden, der vor jede Bogenlampe oder Zirkonlampe, die mit Kondensorlinse versehen ist, gesetzt werden kann. Auf dem Apparat wird die gewünschte Entfernung in Metern, in welche das Spektrum scharf projiziert werden soll, eingestellt. Der Spektral-Apparat kann durch Vertauschen der Linse und Vorsetzen eines zweiten Spaltes mit geeichter Wellenlängen-Skala zur Belichtung von Mikroskopen, Trögen mit Pflanzen oder Tieren mit einfarbigem homogenen Licht verwandt werden. Die Wellenlänge des Lichtes wird direkt am Spalt in $\mu\mu$ abgelesen. Eine Vorrichtung zur Messung der Energie der betr. Farbe kann dort angebracht werden[2]).

Für die Praxis.

Der innere Widerstand eines galvanischen Elements. Von Dr. K. **Krüse** in Bozen. Gemäß dem Ohmschen Gesetze ist der Galvanometerausschlag (etwa eines Drehspulengalvanometers) nur dann dem inneren Widerstand verkehrt proportional, wenn der äußere Widerstand w_a gegen den inneren w_i sehr klein ist. Dies ist bei den gebräuchlichen Elementen nie der Fall; es läßt sich aber ein Element mit sehr großem inneren Widerstand dadurch herstellen, daß man ein einfaches Voltasches Element (Cu-Zn oder Cu-C) mit gewöhnlichem Trinkwasser füllt. Sollte dabei der Galvanometerausschlag zu klein ausfallen, so genügen wenige Tropfen angesäuerten Wassers, um denselben passend zu vergrößern. Nun kann man die Platten in verschiedene Entfernungen zueinander bringen, wobei zu achten ist, daß sie möglichst parallel bleiben, und die betreffenden Stromstärken am Galvanometer ablesen und ferner mittels eines Hebers Wasser aus dem Elemente ausfließen lassen und bei bestimmten, an den Platten angezeichneten Stellen die Ausschläge der Galvanometernadel notieren. Auf diese Weise kann man die Abhängigkeit des inneren Widerstandes vom Abstand und Querschnitt der Platten nachweisen. Beachtenswert ist auch der Moment, wo die Oberflächenhaut des Wassers sich von den beiden Platten losreißt. Solange die Wasseroberfläche noch mit denselben in Kontakt ist, ist immer noch ein ablesbarer Ausschlag vorhanden; sowie aber die Oberflächenhaut abreißt, sinkt das Galvanometer sofort auf Null. Man kann nun noch die Größe des inneren Widerstandes ermitteln, wenn man in den Stromkreis einen Rheostaten von etwa 1000 Ω einschaltet und die beiden Stromstärken am Galvanometer abliest; es ergab sich beispielsweise für $q = 13{,}6\ \mathrm{cm}^2$, $d = 4$ cm, $R = 900\ \Omega$ der innere Widerstand $w_i = 1500\ \Omega$.

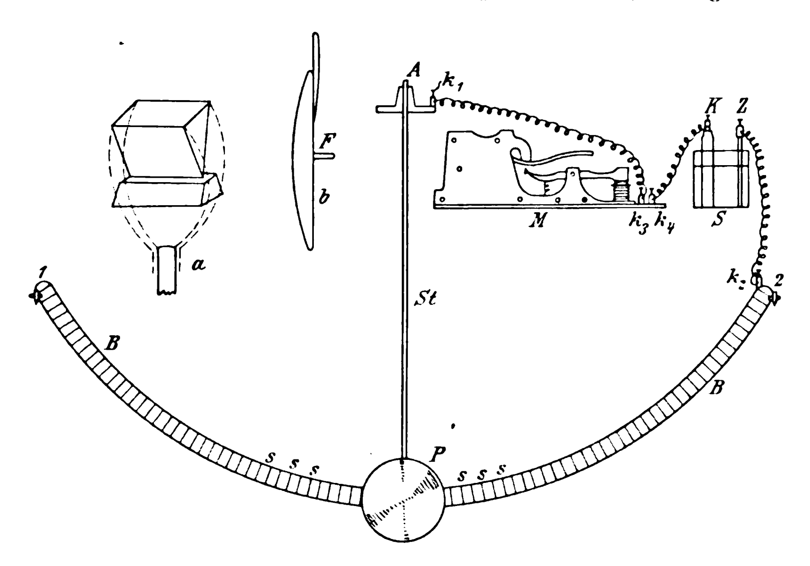
[1]) Nur bei Temperaturen unter 0° tritt Gefrieren ein; es genügt aber, das Prisma kurze Zeit (10 Minuten) in ein warmes Zimmer zu stellen, damit es wieder gebrauchsfähig wird.

[2]) Die Prismen sowie die beschriebene Projektionsvorrichtung werden von der Firma F. Hellige & Co. in Freiburg i. B. (D. R. G. M.) hergestellt: Preis der Prismen 30:30 mm 18 M; 50:50 mm 35 M: 80:80 mm 60 M. Der Projektions-Apparat mit Prisma wird je nach Größe für 50 M bis 70 M geliefert. Falls gewünscht, liefert die Firma auch kleinere oder größere Bogenlampen in Gehäuse mit passender Kondensorlinse.

Berichte.

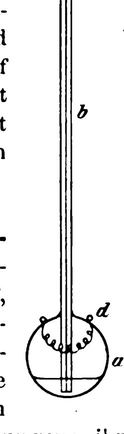
1. Apparate und Versuche.

Ein seine Eigenbewegung registrierendes Pendel. Von K. Bielschowsky. (*Monatshefte f. d. naturw. Unterr. 1908. S. 547.*) Um auch



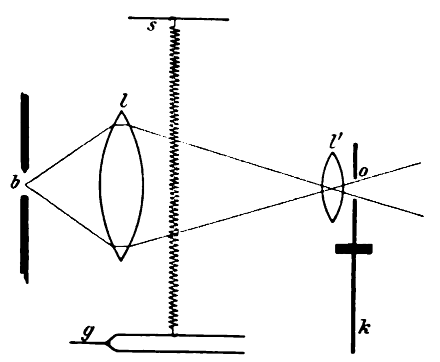
mathematisch völlig unvorgebildeten Hörern die gleichmäßige Beschleunigung bzw. Verzögerung des Pendelfalles vor Augen zu führen, wird folgende Versuchsanordnung benutzt. Die Pendelbahn wird aus zwei parallel laufenden Metallschienen BB hergestellt, zwischen denen metallene Verbindungsstege sss in gleichen Abständen angebracht sind. Das völlig aus Eisen und Blei bestehende, 3 m lange Pendel ist an einem stählernen Dreikant aufgehängt, der auf einem Stahlblock a mit sehr feiner Rinne ruht; hierdurch wird die Reibung fast gleich Null. Der Pendelkörper P trägt auf seiner Rückseite eine dünne Neusilberfeder b, die bei der Bewegung des Pendels auf den Metallstegen entlang schleift und als Stromschließer bzw. -öffner fungiert. In den aus der Figur ersichtlichen Stromkreis ist ein Morseapparat M eingeschaltet, der sich von einem gewöhnlichen nur dadurch unterscheidet, daß sein Schreibband erheblich rascher vor dem Schreibstift vorbeiläuft. Die Beschleunigung bzw. Verzögerung der Pendelbewegung wird durch den größeren oder geringeren Abstand der Punkte auf dem Schreibbande sichtbar gemacht. Das Pendel wird nach je einer Schwingung durch Schnappfedern an beiden Enden der Pendelbahn selbsttätig festgehalten.

Ein Luftthermoskop. Von E. J. Rendtorff. (*School Science. Vol. 8, Nr. 8. 1908.*) An ein kugelförmiges Gefäß a (s. u. Fig.) von etwa 5 cm Durchmesser ist ein Rohr b von etwa 25 cm Länge und 1 mm Weite angeschmolzen, das bis nahe an den Boden des Gefäßes reicht und in seinem oberen Teil eine kleine Erweiterung c trägt, um die Flüssigkeit (Kerosin) am Ausfließen zu hindern. In die Kugel a ist noch für einige Versuche eine kleine Platinspirale d eingeschmolzen. Die Brauchbarkeit des Apparats für zahlreiche Demonstrationen aus der Wärmelehre und dem Strahlungsgebiet liegt auf der Hand. Die Platinspirale dient namentlich dazu, die Abhängigkeit der elektrischen Erwärmung von der Stromstärke zu zeigen.



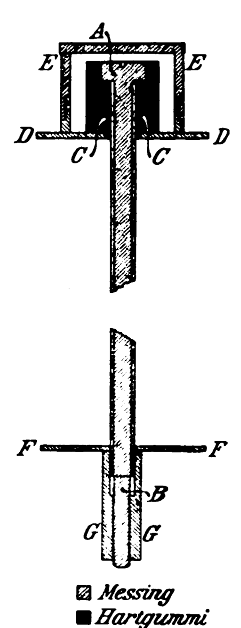
Demonstration stehender longitudinaler Wellen. Von H. M. Randell. (*School Science and Math., Vol. 8, Nr. 8, 1908.*) Vor der Kondensorlinse L der elektrischen Lichtbogenlampe befindet sich eine Spirale aus Messingdraht (Nr. 28) von 1,3 cm Durchmesser und etwa 70 Windungen; ihr unteres Ende ist an der einen Zinke einer elektrisch erregten Stimmgabel von etwa 75 Schwingungen angebracht, das obere Ende

ist an einem Halter s befestigt. Statt der Stimmgabel kann im Notfall auch ein Wagnerscher Hammer benutzt werden, doch sind die Schwingungen nicht so regelmäßig. Nachdem die Gabel in Schwingung versetzt ist, läßt sich leicht durch Probieren die Windung ermitteln, die an s befestigt werden muß, damit stehende Wellen auftreten,



von denen drei oder vier innerhalb des Beleuchtungskegels fallen. Werden diese durch die Objektivlinse L' auf einen Schirm projiziert, so zeigen sich die Windungen an den Knoten scharf abgebildet, die in den Schwingungsbäuchen dagegen völlig verschwommen. Man kann nun noch eine Kartonscheibe K mit einem kreisförmigen Ausschnitt O unmittelbar vor der Linse L' rotieren lassen. Durch einen Rheostaten wird die Geschwindigkeit des Motors so reguliert, daß der stroboskopische Effekt auftritt, und die verlangsamten Schwingungen der einzelnen Windungen der Spirale sichtbar werden; die Windungen zu beiden Seiten eines Knotens bewegen sich dabei in entgegengesetzten Richtungen, in der Nähe der Knoten treten abwechselnde Verdichtungen und Verdünnungen auf, während die Windungen in den Bäuchen ihre Abstände behalten. Läßt man die Lichtstrahlen aus L' nahezu parallel austreten und auf einen nach Meldes Verfahren schwingenden Faden fallen, so erscheint auch dessen Bewegung durch die rotierende Scheibe verlangsamt und der direkten Beobachtung zugänglich.

Eine neue Form der Zambonischen Säule. Von G. C. Simpson[1]). Da die bei den Säulen sonst benutzten Ebonitstäbe infolge der bei Feuchtigkeitswechsel eintretenden Druckänderungen der Scheiben leicht zerbrechen, ersetzte der Verf. sie durch Messingstäbe, die durch Schwefel und Ebonit isoliert wurden. In Fig. 1 ist AB der Messingstab mit einem Schraubenkopf A und einem Schraubengewinde B. Der Messingstab besitzt eine 0,5 mm dicke Schwefelumhüllung, die dadurch hergestellt wird, daß der Stab mehrmals nacheinander in geschmolzenen Schwefel getaucht wird, bis er mit einer 2 mm dicken Schicht überzogen ist; diese wird dann, solange der Schwefel noch plastisch ist, auf der Drehbank bis zu der erforderlichen Dicke abgedreht. C ist ein Ebonitzylinder, D eine Messingplatte, deren Durchmesser etwas größer ist als der der Papierscheiben der Säule, E ein zum Schutze des Ebonitzylinders dienender Messingmantel, F eine auf der Schraubenmutter G sitzende Messingscheibe. Die Scheiben werden über den mit Schwefel bedeckten Messingstab gezogen und liegen zwischen D und F. Die ganze Stabspannung wird dabei durch den sehr starken Zylinder C auf die Platte D übertragen. Der Metallstab ist im Kontakt mit dem Ende B der Säule, so daß das ganze Potential zwischen diesem und dem Messingende DE besteht. Die in dieser Weise hergestellten Säulen haben sich im meteorologischen Institut zu Simla (Indien) auch bei dem dortigen großen Feuchtigkeitswechsel gut bewährt. *Schk.*



2. *Forschungen und Ergebnisse.*

Aus der Himmelskunde. Sehr beträchtliche Fortschritte hat im Jahre 1908 die Erforschung der Sonne gemacht, namentlich durch die spektrographischen Arbeiten, die Hale auf dem Mt. Wilson ausführte. Es gelang, mit farbenempfindlichen Platten die Wasserstoffwolken (flocculi) im Lichte der roten Linie H_α zu photographieren, wobei sie wesentlich ausgedehnter sich zeigten als früher bei H_δ. Die Photographien lassen deutliche und ausgedehnte Wirbelsysteme auf der Sonnenoberfläche erkennen. Man konnte verfolgen, wie die Wasserstoffmassen der Umgebung von Flecken gewissermaßen

[1]) Physikalische Zeitschrift IX, 463 (1908).



aufgesogen werden, um gelegentlich später in Gestalt von Protuberanzen wieder an der Oberfläche zu erscheinen. Diese Bewegungen erreichten Geschwindigkeiten bis zu 100 km/sek. Durch Vorschaltung eines Fresnelschen Rhombus und eines Nicolschen Prismas konnte an einzelnen Spektrallinien der Sonnenflecken (6302,7 und 6363,1) auch der Zeemann-Effekt festgestellt werden, der ja nach den starken magnetischen Fernwirkungen größerer Flecken zu erwarten war. Die Linien erscheinen (in der Richtung der Kraftlinien betrachtet) allerdings nicht vollkommen zerteilt, aber ihre Ränder erwiesen sich als entgegengesetzt zirkular polarisiert, und bei umgekehrt rotierenden Wirbeln war auch die magnetische Kraftrichtung, wie sie aus der Zirkularpolarisation zu erschließen ist, die umgekehrte.

Auch das Rotationsgesetz der Sonne ist durch Adams auf spektrographischem Wege mit Hilfe des Dopplerschen Prinzips neu untersucht worden. Die im Bereiche $\lambda = 4300$ bis 4190 hergestellten Aufnahmen führten zu Ergebnissen, die mit den visuellen Bestimmungen von Dunér und Hahn gut übereinstimmten: Rotationsdauer am Äquator 24,46 Tage, in 30° Breite 26,43, in 60° Breite 29,63 Tage. Die Granulationen der Photosphäre hat Chevalier genauer studiert. Janssens „photosphärisches Netz“ wurde als nicht reell erkannt und auf Schlierenbildung in der Sonnenatmosphäre zurückgeführt. Die einzelnen Granulationskörner von durchschnittlich 0,3″ bis 3″ Durchmesser sind sehr vergängliche Gebilde von nur wenigen Minuten Lebensdauer. Vielleicht sind die Granulationen die Gipfel gewaltiger Wellen des photosphärischen Lichtozeans, in denen Kondensationen und Absorptionen auftreten.

Am **Mond** wurden durch Stebbins und Brown mit Hilfe eines Selenphotometers Helligkeitsmessungen vorgenommen, nach denen der Vollmond etwa neunmal so stark strahlt wie der Halbmond (eine Folge des steileren Auftreffens der Sonnenstrahlen), seine Helligkeit war, mit Giltay-Zellen bestimmt, gleich 0,24 Normalkerzen, während Ruhmersche Zellen, vermutlich infolge einer anderen Farbenempfindlichkeit, wesentlich kleinere Werte lieferten.

In der **Marsatmosphäre** ist endlich der Nachweis des Wasserdampfes auf photographischem Wege geglückt (Slipher). Für die mittlere Temperatur der Marsoberfläche findet Wien auf Grund der Strahlungsgesetze —32°, sie kann jedoch wegen des noch nicht bestimmbaren Einflusses der Atmosphäre auch höher liegen.

Ein **achter Jupitertrabant** wurde am 27. Jan. 1908 photographisch durch Melotte entdeckt. Nach Cowell und Crommelin beträgt sein Abstand vom Jupiter 357 Jupiterradien, seine Umlaufszeit 26 Monate, die Exzentrizität 0,33 und die Neigung 148,52°. Dieser bedeutend weiter als die übrigen sieben Monde entfernte Trabant ist also im Gegensatz zu diesen auch rückläufig.

Unter den **Kometen** des Jahres 1908 zeichnete sich der Anfang September von Morehouse entdeckte durch beträchtliche Helligkeit und starke Schweifentwicklung aus. Er war im Oktober und November bei uns mit bloßem Auge sichtbar. Photographisch erschien er noch bedeutend heller als visuell und Barnard konnte interessante, schnelle Veränderungen im Aussehen des Schweifes photographisch fixieren.

Von den neuen Ergebnissen der **Fixsternastronomie** ist bemerkenswert, daß **Algol** durch die Messung seiner radialen Geschwindigkeit als ein dreifacher Stern erkannt wurde. Die radiale Geschwindigkeit zeigt eine Schwankung im Betrage von 9,4 km mit einer Periode von 1,9 Jahren. Er muß sich also in dieser Zeit gemeinsam mit dem ihn alle 3½ Tage verfinsternden Begleiter um einen 89 Millionen Kilometer entfernten, nicht sichtbaren Körper bewegen. So erklären sich auch gewisse Unregelmäßigkeiten im Eintritt der Minima.

Die Beobachtung der Veränderlichen bietet übrigens die Möglichkeit, die Frage nach einer etwaigen Dispersion des Weltraums zu entscheiden. Heyl beobachtete Algolminima im ultravioletten Licht mit Hilfe eines Gitterspektroskops auf photographischem Wege. Innerhalb einer Stunde traten die ultravioletten Minima gleichzeitig mit den visuell beobachteten ein, woraus Heyl den Schluß ziehen zu dürfen glaubt, daß die Strahlen verschiedener Wellenlängen sich gleich schnell im Weltraum fortpflanzen, also keine Dispersion vorhanden ist. Im Gegensatz dazu glaubt Nordmann mit seinem heterochromen Photometer gerade bei Algol und λ Tauri eine zeitliche Verschiebung der durch Lichtfilter in verschiedenen Farben beobachteten Helligkeitskurven konstatiert zu haben. Die Phasen des roten Bildes zeigen gegen die des blauen einen zeitlichen Vorsprung, der bei Algol 16 Minuten, bei λ Tauri 40—60 Minuten beträgt. Der Weltraum würde sich dem absoluten Vakuum

gegenüber also wie ein optisch dichteres Medium verhalten, und der Unterschied der Phasenverschiebungen bei Algol und λ Tauri könnte auf eine etwa dreimal so große Entfernung des letzteren Gestirns zurückgeführt werden. Bei β Lyrae und δ Cephei konnte Nordmann allerdings keine entsprechende Phasenverschiebung bemerken.

Eine photographische Aufnahme des gesamten Fixsternhimmels auf nur 55 Platten, die vielfach Sterne bis zur 12. Größe fixiert hat, ist unter Pickerings Leitung vollendet worden. — Auch die Ermittelung von Sternfarben kann jetzt auf photographischem Wege erfolgen, indem Aufnahmen auf gewöhnlichen Platten verglichen werden mit solchen auf farbenempfindlichen Platten. Parkhurst und Jordan wollen durch dieses Verfahren ein Urteil über die Verteilung der Spektralklassen auch bei solchen Sternen gewinnen, die für eine spektralanalytische Zerlegung ihres Lichtes zu lichtschwach sind. Bekanntlich zeichnen sich die Sterne des dritten und vierten Secchischen Typus durch gelbe bis rote Färbung aus.

Kbr.

Optische Eigenschaften des Natriumdampfs. Der Natriumdampf, wie man ihn in einer hoch evakuierten Stahlröhre bei etwa 400° erhält, gibt nach Untersuchungen von R. W. Wood ein überaus zusammengesetztes Absorptionsspektrum[1]). Außer der *D*-Linie ist das ganze sichtbare Spektrum, mit Ausnahme einer schmalen Region im Gelb, erfüllt mit feinen und scharfen Absorptionslinien. Dieses „kannelierte Absorptionsspektrum" ist geteilt in zwei unterschiedene Gebiete: das eine von $\lambda = 4500$ bis 5700, das andere von etwa 5800 bis zur äußersten Grenze des Rot. Wahrscheinlich dehnt sich das letzte Gebiet bis zu 10 oder 12 μ ins Ultrarot aus. In einem Raum, wie er der Distanz der beiden *D*-Linien entspricht, fanden sich im Gitterspektrum 2. Ordnung im Mittel 30 Linien, so daß in der etwa 120 $\mu\mu$ weiten Region etwa 6000 Linien zu sehen sind. Diese Linien lassen sich in eine Anzahl von Gruppen bringen, die ähnlichen Gruppen im Jod- und Bromspektrum entsprechen.

Die *D*-Linien bilden zwei Glieder der Balmerschen „Hauptserie", von der das sichtbare Spektrum sieben Linien enthält. Außer diesen fand Wood im ultravioletten Gebiet noch etwa 50 Linien, die den Werten $n = 6$ bis $n = 50$ der Balmerschen Formel entsprechen. Er photographierte diese Linien mit dem Quarzspektrographen und bestimmte ihre Wellenlänge. Die größte bisher beobachtete Anzahl von Linien einer Balmerschen Serie betrug zwölf Linien im Wasserstoffspektrum. Auch die ultravioletten Linien der Hauptserie beim Natriumdampf sind von kannelierten Spektren begleitet.

Die sowohl durch weißes als durch verschiedenes monochromatisches Licht im Natriumdampf erregten Fluoreszenzspektra (ds. Zeitschr. *20*, *36*) wurden von dem Verf. noch eingehender untersucht. Zur Erregung diente das Bogenlicht verschiedener Metallelektroden: Kadmium, Zink, Lithium, Baryum, Magnesium, Blei, Wismut, Silber, Kupfer; außerdem weißes Licht und Kathodenstrahlen. Die mit monochromatischem Licht erregten Fluoreszenzspektra bezeichnet der Verf. als Resonanzspektra. Man kann auf diese Weise leicht feststellen, welche Linien zusammengehören. Die *D*-Linien werden erregt sowohl durch Licht derselben Wellenlänge als auch durch einen intensiven Strahl blaugrünen Lichts, aus dem alles gelbe Licht eliminiert ist. Diese Tatsache widerlegt die neuerdings aufgestellte Behauptung, daß die *D*-Linien nur bei einer Oxydation auftreten können. Durch monochromatisches rotes Licht wurden im roten Fluoreszenzspektrum Reihen von äquidistanten Linien entdeckt, die durch panchromatische Platten photographiert werden konnten. Der Verf. hat alle so erhaltenen Resonanzspektra photographiert und die Wellenlängen der einzelnen Linien bestimmt.

Weiterhin gelang es Wood, in der Resonanzstrahlung von Natrium und Kalium 30% polarisiertes Licht aufzufinden[1]). Die Dämpfe wurden wieder in einer langen evakuierten Stahlröhre erzeugt und durch das Licht einer Bogenlampe erregt. Das Fluoreszenzlicht wurde durch ein Seitenrohr hindurch mit einem Savartschen Polariskop untersucht. Wegen der Empfindlichkeit dieses Apparats mußten andere Quellen der Polarisation, wie Staub oder Nebel, in der Röhre beseitigt werden. Bei den ersten Messungen war das erregende Licht (elektrischer Vektor) vertikal polarisiert. Die Polarisation des Fluoreszenzlichts war am stärksten (etwa 30%), wenn die Temperatur der Röhre verhältnismäßig niedrig war, d. h. wenn die Fluoreszenz

[1]) Phil. Mag. **15**, 581; **16**, 945 (1908). Phys. Zeitschr. **10**, 88 (1909).

[1]) Phil. Mag. **16**, 184; Phys. Zeitschr. **9**, 590 (1908).



eben eintrat; bei höheren Temperaturen mit sehr heller Fluoreszenz betrug die Polarisation nur 20%. War das erregende Licht horizontal polarisiert, so ließ sich keine Spur der Savartschen Streifen entdecken; war das erregende Licht unpolarisiert, so war das Fluoreszenzlicht wohl polarisiert, der Prozentgehalt aber nur halb so groß als bei vertikal polarisiertem Erregerlicht.

Weitere Versuche zeigten, daß nicht nur die Teile des Fluoreszenzlichts polarisiert waren, die dieselbe Wellenlänge hatten wie das erregende Licht, sondern auch die anderen gleichzeitig auftretenden Teile. Durch ein Filter wurden alle Wellenlängen, die im erregenden Licht vorhanden waren, aus dem Fluoreszenzspektrum beseitigt; nur das obere Ende desselben wurde durchgelassen. Dieses zeigte sich dann genau so stark polarisiert wie bei Abwesenheit der Filter. Da das Fluoreszenzlicht bei auffallendem polarisierten Licht nur teilweise polarisiert war, so suchte Wood nach der depolarisierenden Ursache. Die Abnahme der Polarisation mit steigender Temperatur führte dazu, diese Ursache in Molekülzusammenstößen zu suchen. Diese müßten bei gesteigerter Dampfdichte größer sein; doch zeigte ein Zusatz von Stickstoff von 12 mm Druck keine Minderung der Polarisation. Der Verf. ist hiernach geneigt, die Depolarisation der Rotation des Moleküls beim Durchlaufen seiner mittleren freien Weglänge zuzuschreiben, die mit der Temperatur zunehmen dürfte. Er entwickelt seine Ansichten weiter aus der Elektronentheorie, gelangt aber zu keinen mit den Beobachtungen völlig übereinstimmenden Ergebnissen.

Die Polarisation des Lichts bei fluoreszierenden Gasen kann nach Woods Ansicht vielleicht zu einer befriedigenden Theorie der Sonnenkorona führen. Die Koronastrahlung ist zu etwa 11% polarisiert, hat ein kontinuierliches Spektrum und scheint kalt zu sein, d. h. übt auf das Bolometer keinen Einfluß. Die Polarisation wird gewöhnlich auf zerstreute kleine Körperchen, das kontinuierliche Spektrum auf eine Emission weißglühender größerer Teilchen zurückgeführt; letztere sind aber mit der völligen Abwesenheit strahlender Wärme nicht vereinbar. Betrachten wir die Korona als eine Wolke gemischter Metalldämpfe, die unter der gewaltigen Strahlung der Sonne fluoreszieren, so werden die Widersprüche geringer. Polarisation, kontinuierliches Spektrum und Fehlen strahlender Wärme wären dann miteinander vereinbar. Einige der Korona eigentümliche helle Linien könnten Fluoreszenzlinien bekannter Elemente sein.

Über die näheren Bedingungen, unter denen die Fluoreszenz des Natriumdampfs eintritt, stellte H. Zickendraht Untersuchungen an[1]). Er suchte zunächst die Temperatur festzustellen, bei der die Fluoreszenz eintritt bzw. verschwindet, und fand, daß dieses etwa bei 280° bis 290° eintritt. Bei hohem Drucke (10 bis 20 mm) erschien der Eintrittsmoment der Fluoreszenz viel deutlicher ausgeprägt als bei geringem Druck (unter 0,1 mm). Es fragte sich nun, ob dieser Eintrittsmoment sich auch in den elektrischen Eigenschaften des Dampfes zu erkennen gab. Dazu wurde die Potentialdifferenz bestimmt, bei der die Entladung durch den Dampf einsetzte. Die Kurven, welche diese Anfangsspannung als Funktion der Temperatur darstellen, zeigen zwei Minima: das eine bei etwa 240°, ein zweites bei 280°. Das zweite Minimum fällt hiernach mit dem Eintrittsmoment der Fluoreszenz zusammen.

Weitere Untersuchungen betrafen den Einfluß des einbettenden Gases auf das Auftreten der Fluoreszenz im Natriumdampf. Die Versuche wurden vorgenommen mit Wasserstoff, Kohlensäure, Stickstoff. Durch kein Gas ließ sich die Fluoreszenz dauernd zum Verschwinden bringen, doch ließ sich bei CO_2 der Eintrittsmoment über 280° hinausschieben, bei N trat er in einigen Fällen schon bei 230—250° ein. Die besonders eingehenden Versuche mit Luft erstreckten sich auf Bestimmung von Druck, Temperatur, Elektrodenabstand, Spannung und Stromstärke. Der Einfluß des Einbettungsgases auf die Fluoreszenz ist jedenfalls ein ganz beträchtlicher.

Schk.

Eigenschaften des Schwefels. Die verschiedenen Modifikationen des Schwefels hat G. Quincke einer eingehenden Untersuchung unterworfen. Er stellte dabei eine Schaumstruktur des Schwefels fest und untersuchte deren Einfluß auf Doppelbrechung, Dichroismus, elektrische Eigenschaften und Kristallbildung[2]). Aus den Resultaten sei das folgende hervorgehoben. Die braune, klebrige, fadenziehende Flüssigkeit, die geschmolzener Schwefel zwischen 160 und 260° bildet, ist eine flüssige Gallerte mit sichtbaren und unsichtbaren Schaumwänden. Die Oberflächenspannung des geschmolzenen Schwefels

[1]) Phys. Zeitschr. **9**, 593 (1908).

[2]) Annalen der Physik 26, 625 (1908).

ist je nach der Temperatur verschieden; nach Quinckes Beobachtungen' war sie bei 250° am größten. Schwefel hat vier allotrope Modifikationen $S\gamma$, $S\delta$, $S\beta$, $S\alpha$, welche etwa bei 448 – 300°, 300 – 160°, 160 – 96°, 96 – 0° stabil sind. Geschmolzener Schwefel kann aus mehreren Mischungen oder Lösungen $A\,B\,C\ldots$ von $S\gamma$, $S\delta$, $S\beta$, $S\alpha$ bestehen, aus ölartigen Flüssigkeiten mit Oberflächenspannung an der gemeinsamen Grenze von A und B, B und C, C und A. Je höher man geschmolzenen Schwefel erhitzt, und je schneller man ihn abkühlt, um so mehr $S\gamma$ enthält die unterkühlte Flüssigkeit; mit der Zeit verwandeln sich die bei höherer Temperatur stabilen Modifikationen in die bei niedriger Temperatur stabilen, zuletzt alle in $S\alpha$. Beim Erstarren geschmolzenen Schwefels scheidet sich eine ölartige Flüssigkeit C in Form von Lamellen aus, die dann wie bei Eis Fasern normal zur Oberfläche, offene und geschlossene Schaumkammern bilden. Diese Schaumkammern lassen sich durch elektrische Staubfiguren auf der Oberfläche des Schwefels sichtbar machen. Auf kalten Glasplatten schlägt sich Schwefeldampf in vielen linsenförmigen Tropfen nieder, die tage-, monate- und jahrelang in unterkühltem Zustande flüssig bleiben. Flache Linsen von überschmolzenem flüssigen Schwefel auf Glasplatten fließen bei Belichtung plötzlich zusammen und kristallisieren. In diesen Tropfen kriecht $S\gamma$-reicher Schwefel über die feste Oberfläche nach $S\gamma$-ärmeren Schichten; dabei bilden sich Dendriten und Sternblumen. Dann scheidet sich allmählich die ölartige Flüssigkeit C in Tröpfchen oder Lamellen aus; die Lamellen rollen sich zu Röhren zusammen und bilden geschlossene Schaumkammern, die mit Schwefellösung B oder A gefüllt sind. Indem diese abwechselnd quellen oder schrumpfen, werden ihre Wände gedehnt oder komprimiert und dadurch vorübergehend positiv oder negativ doppelbrechend. Der Inhalt der Schaumkammern kann später in einen Kristall von $S\beta$ oder $S\alpha$ übergehen. Bei Berührung mit Schwefelkohlenstoff löst sich ein Teil der Schaummassen unter Gasentwickelung, während die suspendierten Tröpfchen von ölartiger Flüssigkeit C als unlöslich herabsinken und eine glänzende Schicht von SO_2-haltigem flüssigen $S\gamma$-reichen Schwefel bilden. In dünnen Schichten von überschmolzenem Schwefel bilden sich bei der Abkühlung sechseckige Spinnennetze mit radialen Fasern, die positive oder negative Doppelbrechung mit optischer Achse ∥ der Faserrichtung besitzen und einen positiven oder negativen „Sphärokristall II. Klasse" bilden. Unter besonderen Umständen bilden sich ebenso Sphärokristalle I. und III. Klasse. Die Bildung der Schaumkammern und Sphärokristalle läßt sich auch bei der Abkühlung von Schwefel, der zwischen Objektträger und Deckglas bei 300° geschmolzen ist, beobachten. Schwefelschichten und Sphärokristalle mit feinen radialen Fasern (von der Dicke einer oder weniger Lichtwellen) können wie ein polarisierendes Gitter oder wie ein dichroitischer Kristall wirken. Sie zeigen normale oder anomale Absorption, indem sie das Licht schwächen, welches ⊥ oder ∥ den Fasern polarisiert ist. Diese Absorption ist ähnlich der Schwächung des polarisierten Lichts durch Gitter aus leitenden oder isolierenden Stäben, dagegen verschieden von dem Dichroismus gefärbter doppelbrechender Substanzen. Sie hängt ab von Dicke und Abstand der Schwefelfasern und von der Farbe des polarisierenden Lichtes. Quincke versuchte die normale und anomale Absorption des polarisierten Lichts durch Resonanz von longitudinalen und transversalen Schwingungen der Faserhüllen zu erklären. Die Kristallisationsgeschwindigkeit von Fäden aus überschmolzenem Schwefel hängt ab von der Dicke und Klebrigkeit der zwischen den Schaumkammern befindlichen ölartigen Scheidewände; ein alter Kristall durchbohrt sie und leitet in der benachbarten Schaumkammer die Bildung eines neuen Kristalls ein.

Während Quincke die verschiedenen Formen des Schwefels von physikalischen Gesichtspunkten aus betrachtet, machte H. Erdmann den Schwefel zum Gegenstande einer eingehenden chemischen Untersuchung[1]). In seinen gewöhnlichen gelben Modifikationen gehört der Schwefel zu der merkwürdigen Körperklasse der Achtringe; hierbei ist die Konstitutionsformel

des rhombischen:	des monoklinen:
S—S—S=S	S=S=S=S
| |	‖ ‖
S—S—S=S	S=S=S=S

Beim Erhitzen geht der gewöhnliche Schwefel S_8 in zweiatomigen Schwefeldampf S_2 über; bei dieser Reaktion entsteht ein intensiv gefärbtes, sehr reaktionsfähiges, labiles Zwischenprodukt. Beim Abkühlen auf 160° scheiden sich zwei durch einen deutlichen Meniskus voneinander getrennte Flüssigkeiten

[1]) Liebigs Annalen d. Chemie 362, 133 (1908).



verschiedenen spezifischen Gewichts und verschiedener Farbe. Die reaktionsfähige, labile, dunkelfarbige Form des Schwefels wird von Erdmann als S_3, d. h. ein Analogon zum Ozon (O_3) nachgewiesen. Diese Schwefelform bezeichnet der Verf. als Thiozon. Der Nachweis des S_3 geschieht am besten durch Einwirkung auf organische Verbindungen. Gerade die Temperatur von 160°, bei der der Schwefel in zwei voneinander getrennten flüssigen Phasen auftritt, eignet sich zur Durchführung vieler anorganischer und namentlich organischer Schwefelreaktionen, bei denen der Schwefel vorwiegend als S_3 zur Einwirkung gelangt. Analog den mit Ozon erhaltenen Ozoniden und Polyozoniden erhält man hier Thiozonide und Polythiozonide. So verbindet sich Linalylacetat mit dem aktiven Schwefel zu einem Monothiozonid $C_{12}H_{20}O_2S_3$. Dieses vermag sowohl als Thiosäure wie als Thiobase aufzutreten, ergibt mit den Chloriden von Hg, Bi, Sb, As in geeigneten Lösungsmitteln charakteristische Niederschläge, mit Goldchlorid in Äther einen Rückstand, der auf Porzellan einen glänzenden Goldüberzug bildet. Freies Linalool nimmt zwei Moleküle S_3 auf und ergibt ein Dithiozonid. Besondere Versuche zeigten, daß die Einwirkung des Ozons O_3 auf Linalool und Linalylacetat ganz analog derjenigen des Thiozons S_3 verläuft. Die durch Verschmelzen sehr verschiedenartiger organischer Körper mit Schwefel und Schwefelnatrium hergestellten Schwefelfarbstoffe sind Thiozonide. Analog zu diesen stehen die Farbstoffe der Ultramarinreihe, die ebenfalls als Thiozonide aufzufassen sind. Dagegen sind alle oder nahezu alle wohlcharakterisierten einfachen anorganischen Polysulfide Thiozonate (mit sechswertigem Schwefel). Geschmolzener Schwefel bei etwa 160° enthält außer dem dunkelgefärbten Thiozon S_3 auch noch ein viskoses Polymerisationsprodukt des achtatomigen Schwefels $[S_8]_x$. Da durch die Entdeckung des dreiatomigen Schwefels die Analogie zwischen Schwefel und Sauerstoff eine soviel vollständigere geworden ist, so ist anzunehmen, daß vom Sauerstoff ebenso wie vom Schwefel auch eine achtatomige Form von ringförmiger Konstitution besteht.

Da der Kautschuk in seiner Struktur die größte Ähnlichkeit hat mit dem viskosen amorphen Schwefel, so dürfte bei Vulkanisation des Kautschuks sich eine halbfeste Lösung beider Stoffe bilden. Doch hat die Untersuchung des vulkanisierten Kautschuks ergeben, daß nur ein Teil des Schwefels sich darin in freiem Zustande befindet, ein anderer chemisch gebunden ist. Diese chemische Einwirkung des Schwefels auf Kautschuk rührt nach des Verf. Ansicht von S_3 her, ähnlich wie nach Harries auch Ozon O_3 auf Kautschuk einwirkt. Ebonit oder Hartgummi wäre hiernach im wesentlichen ein Polythiozonid des Kautschuks.

Nach einer mündlichen Mitteilung des Verfassers dürften die von Quincke beschriebenen Modifikationen des Schwefels mit den verschiedenen chemisch definierten Formen übereinstimmen. Hiernach würden S_α den rhombischen, S_β den monoklinen, d. h. den 8atomigen Schwefel in den beiden oben angegebenen Konstitutionen darstellen. Es ist ferner wahrscheinlich, daß S_γ mit dem polymeren Schwefel $[S_8]_x$, S_δ mit dem Thiozon S_3 übereinstimmt. Sollte sich dieses bestätigen, so hätte man eine interessante Analogie in den Resultaten, die auf ganz verschiedenen Wegen gefunden sind. *Schk.*

Röntgenstrahlen. Schon Röntgen hatte nachgewiesen, daß das Durchdringungsvermögen der Röntgenstrahlen zunimmt, wenn sie durch immer dickere absorbierende Schichten filtriert werden, und er hatte daraus geschlossen, sie müßten aus einem Gemisch mehr oder weniger absorbierbarer Strahlen bestehen. Diese verschiedene Absorbierbarkeit der einzelnen Strahlenarten wurde von W. Seitz einer erneuten Prüfung unterzogen[1]). Die Strahlen traten durch ein möglichst dünnes Aluminiumfenster aus der Röhre ins Freie. Als Intensitätsmaß diente die positive Ladung, welche die Strahlen einem Platinblech im höchsten Vakuum erteilen. Das dachförmige Platinblech befand sich daher in einem zu evakuierenden Raum, in den die Strahlen durch ein zweites Aluminiumfenster gelangten. Zwischen die beiden 1 cm voneinander entfernten Fenster wurden Blätter von Metallfolie oder dünne Bleche (Stanniol und Aluminium) gebracht; dann wurde der Elektrometerausschlag beobachtet, den die Strahlen in einer bestimmten Anzahl von Sekunden hervorbrachten. In dieser Weise wurden die Verhältnisse J_0/J_1, J_1/J_2, J_2/J_3 usw. gemessen, wobei J_0 die Strahlenintensität ohne Zwischenschaltung eines Blattes, J_1 die durch ein, J_2 die durch zwei Blätter hindurchgelassene Intensität bedeutet. Aus den Versuchen ergab sich, daß das Durchdringungsvermögen anfangs sehr rasch zunimmt, um

[1]) Annalen der Physik 27, 301 (1908).

sich später einem bestimmten Grenzwert zu nähern. Der weitaus größte Teil der Strahlen ist also sehr absorbierbar und wohl nicht imstande, die Glaswand einer gewöhnlichen Röntgenröhre zu passieren. Der kleine Rest von konstantem Durchdringungsvermögen, der nach genügender Filtration durch etwa 9 Stanniol- oder 20 Aluminiumblätter übrig bleibt, besteht wohl aus den Strahlen, die entstehen, wenn Elektronen gehemmt werden, ehe sie ihre Geschwindigkeit im Metall verringert haben.

Weitere Versuche betrafen den Einfluß eines Silberblechs auf die Härte der Strahlen, worüber Walter eigentümliche Beobachtungen gemacht hatte. Es zeigte sich, daß die Strahlen beim Durchgang durch Silber besonders bei niederen Entladungsspannungen etwas härter wurden. Der Einfluß des Silbers wurde geringer, wenn die Strahlen beim Verlassen der Röhre erst durch Aluminium filtriert wurden. Auch wird durch Filtration mit Aluminium das Durchdringungsvermögen für Silber weniger gesteigert als für Aluminium; dient dagegen Silber als Filter, so wird das Durchdringungsvermögen für Silber mehr als für Aluminium verstärkt. Eine Erklärung aller dieser Beobachtungen findet der Verf. in folgendem. Die von der Röhre ausgehenden Strahlen bestehen aus einem Gemisch längerer und kürzerer Impulse. Für Aluminium wächst das Durchdringungsvermögen kontinuierlich mit Abnahme der Impulslänge, Silber dagegen hat ein Minimum des Absorptionsvermögens bei Impulsen mittlerer Breite. Es absorbiert ebenso wie das Aluminium vor allem die längsten Impulse und erhöht dadurch im ganzen die Härte des Strahlengemisches sowohl für Silber als für Aluminium; da es aber auch die kürzesten Impulse, die für Aluminium ganz besonders durchdringend sind, großenteils wegnimmt, so wird die Absorption im Aluminium weniger als im Silber verringert. Die Verhältnisse entsprechen denen der selektiven Lichtabsorption.

Die von verschiedenen Stoffen zurückgeworfenen sekundären Röntgenstrahlen waren, wie bereits früher berichtet wurde, vom Atomgewicht der Substanz abhängig gefunden worden (d. Zeitschr. 21, 121). Weitere Untersuchungen von Barkla und Sadler ergaben, daß die Sekundärstrahlen aussendenden Stoffe sich in zwei verschiedene Gruppen teilen lassen[1]). Die erste Gruppe enthält alle Substanzen mit niedrigen Atomgewichten vom Wasserstoff bis zum Schwefel, die H-S-Gruppe. Jedes dieser Elemente sendet, wenn es primären Röntgenstrahlen ausgesetzt ist, eine zerstreute Strahlung aus, die fast ganz die gleiche durchdringende Kraft hat wie die primäre Strahlung, auch dieselben Strahlenarten in gleichem Verhältnis besitzt. Die Intensität der Strahlung pro Atom ist proportional dem Atomgewicht. In einer Richtung, die senkrecht steht zu der Richtung einer „weichen" primären Strahlung, ist die sekundäre Strahlung fast vollständig polarisiert, ihre Intensität ist dabei in verschiedenen dieser senkrechten Richtungen verschieden, woraus eine teilweise Polarisation des primären Strahles gefolgert wird, deren Betrag mit der Härte der Vakuumröhre abnimmt. In einer der Einfallsrichtung der primären Strahlen nahezu parallelen Richtung ist die Intensität der sekundären Strahlung annähernd zweimal so groß als der Mittelwert der Strahlung in den hierzu senkrechten Richtungen.

Die zweite Gruppe von Stoffen, die Sekundärstrahlen aussenden, umfaßt die Elemente mit höheren Atomgewichten als der Schwefel. Untersucht wurden namentlich Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ag. Diese senden bei weicher Primärstrahlung wohl auch in geringerem Grade zerstreute Strahlen wie die erste Gruppe aus. Bei mittlerer Härte der Primärstrahlung aber ist die sekundäre Strahlung dieser Elemente völlig homogen, mag die erzeugende Primärstrahlung auch aus noch so viel verschiedenen Strahlenarten zusammengesetzt sein. Die durchdringende Kraft dieser homogenen Strahlung ist unabhängig von Intensität und durchdringender Kraft der primären Strahlung, dagegen ist sie eine periodische Funktion des Atomgewichts des strahlenden Elements. Die Energie der homogenen Sekundärstrahlung ist viel größer als die Energie der zerstreuten Strahlung; sie wird aber leichter absorbiert als die erzeugende Primärstrahlung. War die Primärstrahlung weicher als die für das Element charakteristische homogene Sekundärstrahlung, so wurde diese nicht emittiert. Im Gegensatz zu der Strahlung der ersten Gruppe war die Intensität der homogenen Strahlung in allen Richtungen (parallel und senkrecht zur Richtung der erregenden Primärstrahlung) nahezu dieselbe. Die Strahlung ist ganz besonders durchdringend für das Element, das sie aussendet, oder für die dem Atomgewicht nach benachbarten Elemente. Der Bruchteil

[1]) Phil. Mag. 16, 550 (1908).

der homogenen Strahlung des Kupfers, der durch Luft zerstreut wurde, war der gleiche wie der der primären Strahlung; auch hatten diese tertiären Luftstrahlen dieselbe Absorbierbarkeit wie die Sekundärstrahlen. Im einzelnen unterscheiden die Verff. unter den Elementen der zweiten Klasse noch die Cr-Zn-Gruppe, die Ag-J-Gruppe und die W-Bi-Gruppe, deren Strahlungen einige besondere Eigenschaften aufweisen.

Im Anschluß an diese Beobachtungen gibt Barkla theoretische Erwägungen über die Natur der Röntgenstrahlen und wendet sich dabei namentlich gegen die von Bragg vertretene Ansicht, daß X- und γ-Strahlen nicht Ätherimpulse, sondern neutrale Doppelteilchen seien. Bragg hatte in Verbindung mit Madsen eine Reihe von Versuchen beschrieben, aus denen eine gewisse Unsymmetrie der von γ-Strahlen radioaktiver Körper erzeugten Sekundärstrahlen hervorzugehen schien, und aus diesen und noch einigen anderen Versuchen den Schluß gezogen, daß sowohl die γ-Strahlen als die ihnen wesensgleichen X-Strahlen als materielle Teilchen, nämlich als neutrale Paare aufzufassen seien[1]. Barkla findet, daß seine Beobachtungen in keiner Weise für die Braggsche Theorie sprechen, gibt aber zu, daß bei sehr harten Röntgenstrahlen Erscheinungen auftreten, die mit der Theorie der Ätherimpulse schwer zu vereinen sind.

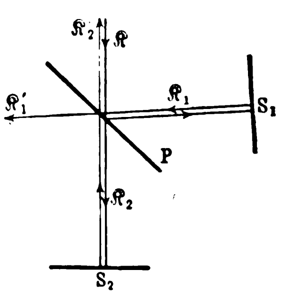
Die von Barkla auf Grund der Sekundärwirkung gefundene teilweise Polarisation der Röntgenstrahlen wird von anderen Forschern bezweifelt. Haga konnte überhaupt keine Polarisation nachweisen, J. D. van der Waals jr. hält es für möglich, daß 2 Proz. der Röntgenstrahlen polarisiert sind[2]. Er folgert dieses aus der Annahme, daß ein Kathodenstrahlenteilchen, sobald es mit dem ersten Elektron der Antikathode zusammentrifft, etwa 0,02 seiner Energie verliert. Zu den anderen Elektronen gelangt das Teilchen im Zickzack, so daß es nachher keine ausgezeichnete Richtung mehr gibt. Nur wenn die Bremsung der Elektronen allgemein geradlinig erfolgte, müßten die Strahlen ganz polarisiert sein. H. C. Wind ist der Meinung, daß die Elektronen der Kathodenstrahlen erst durch Tausende von Atomen der Antikathode hindurchfliegen, ehe sie von einem Atom aufgehalten werden[3]. Doch wird beim Durchgang jedes Elektrons das elektromagnetische Feld des Atoms, das ja selbst aus Elektronen und positiven Teilchen besteht, gestört, und die Folge davon ist eine Ätherwelle. Nur $^1/_{20}$ bis $^1/_{100}$ der gesamten Energie der Röntgenstrahlen wird durch die Bremsung der Kathodenteilchen selbst geliefert, der übrige Teil rührt von den Atomen her. Die große Energie der Röntgenstrahlen wäre hierdurch erklärt. *Schk.*

[1]) Phil. Mag. 15, 663; 16, 918 (1908).

[2]) Arch. Néerl. 13, 91; Beibl. 32, 1014 (1908).

[3]) Arch. Néerl. 13, 94; Beibl. 32, 1014 (1908).

Thermodynamik der Interferenzerscheinungen. Von M. Laue[1]). In keiner bisherigen Untersuchung über die Thermodynamik der Strahlung sind Interferenzerscheinungen in Betracht gezogen. Seitdem Planck die Begriffe Entropie und Temperatur auf einzelne Strahlenbündel ausgedehnt hatte, war die Frage zu beantworten, wie sich diese Größen bei Interferenzerscheinungen verhalten. Der Verf. betrachtet eine ideelle, dem Michelsonschen Interferometer nachgebildete Versuchsanordnung (Fig. 1). P ist eine planparallele Platte aus absorptionsfreiem Material, S_1 und S_2 sind zwei ebene, zu P symmetrisch liegende, vollkommen reflektierende Spiegel. Das auf P fallende Strahlenbündel mit der spezifischen Intensität $\mathfrak{K}$ spaltet sich in ein gespiegeltes und gebrochenes, deren Intensitäten, wenn r das Reflexionsvermögen der Platte bedeutet, $\mathfrak{K}_1 = r \cdot \mathfrak{K}$, $\mathfrak{K}_2 = (1-r)\,\mathfrak{K}$ sind. Beide Strahlenbündel fallen senkrecht auf die Spiegel, kehren nach der Reflexion nach P zurück und geben hier durch nochmalige Spiegelung und Brechung Anlaß zur Entstehung von vier Strahlenbündeln, die sich paarweise überlagern. Jeder von ihnen hätte allein die Intensität $r(1-r)\,\mathfrak{K}$. Da sie aber wegen der gleichen Weglängen ohne Phasendifferenz interferieren, so addieren sich ihre Amplituden, und die Intensität wird $\mathfrak{K}_1' = 4r(1-r)\,\mathfrak{K}$. Da nach dem Energieprinzip $\mathfrak{K}_1' + \mathfrak{K}_2' = \mathfrak{K}_1 + \mathfrak{K}_2 = \mathfrak{K}$ ist, so erhält man für die Intensität des anderen interferierenden Strahlenpaares $\mathfrak{K}_2' = (1-2r)^2 \cdot \mathfrak{K}$. Aus den Gleichungen läßt sich nun leicht ersehen, daß,



[1]) Ann. d. Physik **20**, 365 (1906); **23**, 1 und 795 (1907); Verh. d. Deutsch. Phys. Ges. **9**, 606 (1907); Phys. Zeitschr. **9**, 778 (1908).

wenn das Reflexionsvermögen r zwischen $^1/_4$ und $^3/_4$ liegt, $(\mathfrak{K}_1' - \mathfrak{K}_2') > (\mathfrak{K}_1 - \mathfrak{K}_2)$ ist, d. h. der Unterschied der Intensitäten nimmt durch den Interferenzvorgang zu. Da aber ihr arithmetisches Mittel konstant bleibt, und die Temperatur sich immer in demselben Sinne ändert wie die Intensität, so heißt das: Es gibt Interferenzerscheinungen, die den Temperaturunterschied zwischen zwei Strahlenbündeln vergrößern.

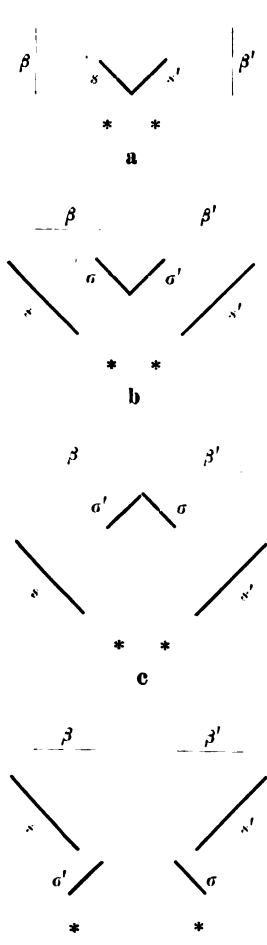
Dieses Ergebnis steht scheinbar im Widerspruch mit dem Carnotschen Prinzip, nach welchem Wärme nicht ohne Kompensation vom kälteren zum wärmeren Körper übergehen kann. Wenn man die Entropie eines Systems von zwei Strahlenbündeln als Summe ihrer Einzelentropien berechnet, so ergäbe der Interferenzvorgang eine Abnahme der Entropie. Zur Lösung dieses Widerspruchs zieht Laue den Boltzmannschen Gedanken des Zusammenhanges zwischen Entropie und Wahrscheinlichkeit heran und weist nach, daß das Additionstheorem der Entropie nur dann gilt, wenn die beiden Teile des betrachteten Systems voneinander vollständig unabhängig sind. Das ist nun wohl für die Lage und Geschwindigkeit der Molekeln eines Gases in zwei verschiedenen Teilen eines gaserfüllten Raumes der Fall, gilt aber nicht für zwei kohärente Strahlenbündel; ist hier die Verteilung der Amplituden und Phasen in dem einen gegeben, so kennt man sie auch in dem andern. Die beiden Strahlenbündel sind also im Sinne der Wahrscheinlichkeitslehre nicht voneinander unabhängig, und das Additionstheorem der Entropie ist hier nicht mehr gültig. Die Entropie der ursprünglichen Strahlen ist kleiner als die Summe ihrer Einzelentropien.

Nimmt man das Reflexionsvermögen $r = {}^1/_2$, so wird $\mathfrak{K}_1' = \mathfrak{K}$, $\mathfrak{K}_2' = 0$, d. h. das einfallende Strahlenbündel wird durch die erste Spiegelung und Brechung an der planparallelen Platte in zwei zerlegt, diese setzen sich aber durch gemeinsame Spiegelung und Brechung wieder zu einem dem einfallenden in allen Stücken äquivalenten zusammen. Wählt man die Stellung der Spiegel zu den einfallenden Strahlen nicht senkrecht, so läßt sich das gleiche für jeden anderen Wert des Reflexionsvermögens zeigen. Spiegelung und Brechung ist daher ein umkehrbarer Vorgang, falls sie nicht mit Absorption verknüpft ist. Daraus folgt dann, daß die Entropie zweier kohärenter Strahlenbündel gleich der desjenigen ist, in welches sie sich umwandeln lassen. Ist die letztere $E = \sigma . L(\mathfrak{K})$, wo L eine universelle Funktion von $\mathfrak{K}$ darstellt, σ von den geometrischen Bestimmungsstücken des Strahlenbündels abhängt, so ist $E = \sigma . L(\mathfrak{K}_1 + \mathfrak{K}_2)$ die Formel für die Berechnung der Entropie zweier kohärenter Strahlenbündel von den spezifischen Intensitäten $\mathfrak{K}_1$ und $\mathfrak{K}_2$. Sind es mehr als zwei, so wird $E = \sigma . L(\Sigma \mathfrak{K})$. Aus den gleichen Überlegungen berechnet der Verf. die Entropie partiell kohärenter Strahlenbündel und gelangt zu einer Formel, die den stetigen Übergang von dem für inkohärente Strahlenbündel geltenden Additionstheorem zu dem für kohärente Strahlenbündel abgeleiteten Gesetz vermittelt. *Schk.*

Altes und Neues über Stereoskopie. Im Jahrgang 15, S. 294—297 sind unter dem Titel „Neue Anwendungen der Stereoskopie" besonders die Untersuchungen Pulfrichs berücksichtigt, soweit sie für den Unterricht Wert besitzen. Seitdem hat ein anderer Mitarbeiter der Firma Zeiß zwei Werke über Stereoskopie herausgegeben, von denen das größere „Die binokularen Instrumente" (Verlag von J. Springer, 6 M) von Keferstein-Hamburg im Jahrgang 21, S. 345 kurz besprochen und für die Handbibliothek der Kabinette mit Recht warm empfohlen wurde. Das Erscheinen von Nr. 168 Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften bringt nun von demselben Verfasser „Abhandlungen zur Geschichte des Stereoskops" von Wheatstone, Brewster, Riddel, Helmholtz, Wenham, d'Almeida und Harmer. Da das Buch einige für den Unterricht wertvolle Figuren, Versuchsanordnungen und Bemerkungen bringt, so soll etwas ausführlicher darüber berichtet werden. Gleich die ersten Wheatstoneschen Beiträge zur Physiologie der Gesichtswahrnehmungen (1838) bringen eine Reihe von Versuchen, die auf den beigegebenen Tafeln des Buches zur Darstellung gebracht sind. Die Bemerkung aus Lionardo da Vincis Trattato della Pittura wird man sich nicht entgehen lassen: Gemälde sollen einäugig betrachtet werden. Beifolgende Spiegelschemata geben Aufschluß über Orthoskopie und Chiaskopie:

In den vier schematischen Figuren a, b, c, d bedeuten $s\,\sigma$, $s'\,\sigma'$ die zusammengehörigen Spiegelpaare, $\beta\,\beta'$ die Bilder, ** die Augen. Dann geben a und b orthoskopische Bilder, c und d chiaskopische, weil in den ersten beiden Fällen die Augen die für sie bestimmten Bilder bekommen, in den beiden letzten Fällen dagegen nicht. Die Dimension vorn — hinten geht daher in diejenige hinten — vorn über,

das Konvexe wird konkav und umgekehrt, eventuell fallen die Schatten von der verkehrten Seite. Für diese Versuche sind Spiegel entbehrlich, wenn man Dovesche Prismen besitzt, die ein totalreflektiertes gespiegeltes Bild für Geradsicht liefern.



Am besten merkt man sich folgende Symbole: ⌒Λ⌒ und Λ⌒⌒Λ. Sie bezeichnen die Lage des Nasenrückens und der Augen für die Fälle der Orthoskopie und Chiaskopie (Pseudoskopie). Als Abbe 1880 sein binokulares Mikroskop konstruierte, stellte er die wichtige Regel auf: Die einzige notwendige Bedingung für die orthoskopische Wirkung in irgend einem binokularen Apparat ist, daß die betreffenden Halbkreise (|) und nicht so |) (| liegen. Diese Symbole haben dieselbe Bedeutung wie die obigen, von M. v. Rohr stets verwendeten.

Auch die zweite Arbeit Wheatstones vom Jahre 1852 ist abgedruckt. Sie enthält den Passus: „Seit dem Jahre 1838 sind mir zahlreiche Abarten des Stereoskops eingefallen, und verschiedene geistreiche Einrichtungen sind auch von Sir David Brewster und Prof. Dove vorgeschlagen worden; aber es gibt keine Form des Instrumentes, die so viele Vorzüge für die Erforschung der Erscheinungen des beidäugigen Sehens böte wie das ursprüngliche Spiegelstereoskop." In der Praxis hat jedoch das Brewstersche den Sieg davongetragen, besonders seit die Photographie zwei Bilder, das rechtäugige und das linkäugige, nebeneinander lieferte. Die Apparate Brewsters stellte Dubosq her. Sie hatten auch den Vorteil leichterer Tragbarkeit. Bei einiger Übung und nicht zu verschiedenen Augen sieht man die nebeneinander liegenden Bilder auch mit bloßem Auge stereoskopisch. Man kann dann mit kleinen Spiegelstücken die Bilder zur Deckung bringen oder vertauschen. Bereits 1849 hatte Brewster darauf aufmerksam gemacht, daß man alle Bedingungen erhalte, um ein großes Objekt, beispielsweise eine Statue, mathematisch genau n-fach verkleinert zu erblicken, wenn man die Aufnahmeobjekte in einen Abstand voneinander bringe, der n-mal so groß sei wie der der Augen des Beobachters (65 mm). Man habe dann auch den Vorteil, das Relief des Objektes deutlich wahrzunehmen. Bezeichnen wir die Strecke, an deren Endpunkten die Aufnahmen stattfinden, als Standlinie, so wird die Plastik oder das Relief so viele Male vergrößert, als der Pupillenabstand von 65 mm in dieser Strecke enthalten ist. Benutzt man nun eine vergrößernde Lupe, und als solche wirken die halben Linsen des Brewsterschen Stereoskopes, so würden auch die beiden andern Dimensionen (rechts—links, oben—unten) vergrößert, so daß man einen Apparat herstellen kann, bei dem sämtliche Dimensionen annähernd gleichviel vergrößert sind. Das ist das Telestereoskop von Helmholtz (1857), für welches die Originalabhandlung dem Buche eingefügt ist. Die einfachste Form ist bereits in dem obigen Schema b gegeben. Durch Auseinanderrücken der größeren Spiegel kann man die Plastik beliebig erhöhen. Man mache den Schüler auf die Manöveraufnahmen aufmerksam, bei denen die Offiziere durch ein Relieffernrohr sehen, dessen Plastik durch Scharnierdrehung beliebig erhöht werden kann. Ist die Vergrößerung des Fernrohrs achtfach, so würde die Plastik am besten auch achtmal vergrößert werden müssen. Mit einem gewöhnlichen Krimstecher zeigt man, daß die Plastik beim richtigen Hindurchsehen erniedrigt, beim Sehen durchs Objektiv erhöht ist. Helmholtz sagt: „Während also durch ein einfaches Fernrohr alle Gegenstände wie Gemälde erscheinen, sieht man durch ein doppeltes Opernglas volle Gegenstände wie Basreliefs und durch dasselbe Opernglas in umgekehrter Haltung wirkliche Basreliefs wie Hautreliefs." Eine schräg gehaltene Glasplatte verschiebt die Strahlen seitwärts. Neigt man also zwei Glasplatten so zusammen, wie in dem obigen Schema a die Spiegel stehen, so wird man auch eine telestereoskopische Wirkung haben, wenn man hindurchblickt. Wenham konstruierte 1860 das Binokular-Mikroskop, mit dessen Verbesserung sich auch Helmholtz beschäftigt hat.

Interessant und wegen der billigen — in Papierläden für wenige Groschen käuf-

lichen — Apparate ist die Rot-Grün-Druckmethode, die im Jahre 1891 zuerst von Louis Ducos Duhauron angewendet wurde. Der Apparat heißt auch wohl Farbenstereoskop (Anaglyphen). Um die Priorität stritten d'Almeida und W. Rollmann. Dieser hat die Durchlässigkeitsmethode, die für Projektionsvorführungen viel benutzt wird, jener die Absorptionsmethode zuerst angewendet. Auf die Möglichkeit stereoskopischer Entfernungsmessung hat ja Mach 1865 zuerst aufmerksam gemacht. Er dachte in erster Linie an die richtige Orientierung anatomischer Schnitte, die übereinander liegen, eine Methode, die in der Tat bis zur Erfindung Röntgens (1895), die Radiogramme ermöglichte, beachtenswert war. Das Porrosche Prisma setzte die Optik in den Stand, die Erhöhung des Reliefs bei stärkerer Vergrößerung in den Krimstechern und Relieffernrohren zu erreichen, und der Firma Zeiß (Pulfrich) gebührt das Verdienst, die parallaktischen Differenzen für jede beliebige Basis bis zum Erdbahndurchmesser mit dem Stereokomparator durch Wandermarken ausmeßbar gemacht zu haben. Besonders M. Wolf (Königstuhl-Heidelberg) hat dann auch die ältere Dovesche Methode zur Feststellung der Identität zweier Drucke, die inzwischen auch auf mikrometrische Maßstäbe ausgedehnt war, für astronomische Zwecke nutzbar gemacht. Den Kabinetten sei die Anschaffung der Stereoskopbilder vom Sternenhimmel von M. Wolf (Verlag J. A. Barth, 1906) empfohlen. Sie sind in jedem Stereoskop zu gebrauchen und zeigen anschaulich die Verwendungsmöglichkeiten der stereoskopischen Methode in der Astronomie. Dem Schüler ist von der Lichtgeschwindigkeitsmethode nach Bradley der Tangenswert 1 : 10000 ($^1/_3$ Bogenminute) bekannt. Hier kann er denselben Wert benutzen, um sich zu merken, daß für das bloße Auge der kleinste parallaktische Winkel derselbe ist. Die kleinste, in normaler deutlicher Sehweite (25 cm) wahrnehmbare Distanz ist demnach $\frac{250}{10000} = {}^1/_{40}$ mm. Die größte Entfernung, auf die hin parallaktische Tiefenschätzung mit unbewaffnetem Auge erfolgen kann, berechnet sich aus dem Produkt Pupillendistanz mal 10000, also zu 650 m im Maximum. Das Fernrohr vergrößert die Sehwinkel; ein hundertmal vergrößerndes Fernrohr dringt also, wenn man sich zunächst den Pupillenabstand noch als Basis denkt, bereits bis 65 km in die Tiefe vor. Der photographische Apparat in Verbindung mit dem Stereokomparator kann den Erdbahndurchmesser (16 Minuten Lichtzeit) als Basis nehmen und daher mit jedem Fernrohr 10000×100, also millionmal so weit dringen. Das ergibt bereits einige Lichtjahre.

Bemerkenswert ist, daß Kepler bereits die Entfernung unserer Augen die trigonometrische Basis genannt hat, von der aus wir die umgebende Welt vermessen. Ändern wir sie, so ändert sich die Tiefenwahrnehmung. Harmer (Brit. Journ. of Phot. 1892, **39**) gebührt das Verdienst, das stereoskopische Prinzip für die astronomische Photographie bereitgestellt zu haben. Damals schon sagt er: „Die in Abständen von sechs Monaten oder darunter aufgenommenen Platten könnten bei einzelnen Sternen eine Parallaxe erkennen lassen." Mit Recht ist diese Abhandlung in diesem Buche aufgenommen worden. Wichtig ist auch, daß nicht sowohl die Stellung der Augenachsen selbst es ist, was uns in Gestalt eines Urteils über die Entfernung gesehener Objekte zum Bewußtsein kommt, als die Richtung der erforderlichen Änderung dieser Stellung bzw. die nötige Zu- oder Abnahme der Konvergenz in dem Moment, wo der Blick von entfernteren auf nähere Punkte oder umgekehrt übergeht. Hering sagt: „Unsere Anschauung der Außenwelt deckt fast nie die Wirklichkeit, weil die Tiefenauslegung des Netzhautbildes stets eine unvollkommene ist und auf halbem Wege zwischen dem flachen Netzhautbilde und der körperhaften Wirklichkeit stehen bleibt. Unsere Anschauung ist gewissermaßen ein Relief, das zwischen Planbild und voller Körperlichkeit die Mitte hält. Daraus folgt, daß höchstens einige wenige Punkte am richtigen Ort erscheinen können."

W. Grosse-Bremen.

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Die Einheit des physikalischen Weltbildes[1]. Von Max Planck. Einer unserer hervorragendsten theoretischen Physiker entwirft hier die Hauptzüge eines einheitlichen physikalischen Weltbildes, wie es sich ihm persön-

[1] Vortrag, gehalten am 9. Dezember 1908 in der naturwissenschaftlichen Fakultät des Studentenkorps an der Universität Leiden von Max Planck, Professor der theoret. Physik an der Universität Berlin. Leipzig, S. Hirzel, 1909. 38 S.



lich gestaltet hat, und wie es sich nach seiner Vermutung in Zukunft gestalten wird. In einer einleitenden Betrachtung führt er aus, wie der Entwicklungsgang der Physik darauf gerichtet ist, das anthropologische Empfindungselement immer mehr aus der systematischen Darstellung der Naturvorgänge zu eliminieren; so ist in der Wärmelehre der Temperaturbegriff und seine Definition völlig von der Wärmeempfindung abgelöst, ähnlich sind in der physikalischen Akustik und Optik die Sinnesempfindungen geradezu ausgeschaltet. Genau ebenso ist es mit dem Kraftbegriff gegangen. Durch die Emanzipation von den anthropomorphen Elementen ist andrerseits eine Vereinheitlichung des Systems möglich geworden, die die Signatur der ganzen bisherigen Entwicklung der Physik bildet. Selbst die beiden großen Gebiete, die man bisher als Physik der Materie und Physik des Äthers unterschieden hat, lassen sich nicht mehr scharf voneinander abgrenzen. „Gehören z. B. die Vorgänge der Lichtemission zur Mechanik oder zur Elektrodynamik? Oder in welches Gebiet soll man die Bewegungsgesetze der Elektronen rechnen?“ Überhaupt scheine der ursprüngliche Gegensatz zwischen Äther und Materie etwas im Schwinden begriffen zu sein; eine passend verallgemeinerte Auffassung der Mechanik werde vielleicht einmal die Elektrodynamik mitumschließen.

Einen viel tieferen Gegensatz jedoch als mechanische und elektrische Vorgänge bilden die reversiblen und die irreversiblen Prozesse; der Gegensatz beider dürfte in dem physikalischen Weltbild der Zukunft die Hauptrolle spielen. Ihre Unterscheidung hängt mit der Grundlegung des zweiten Hauptsatzes der Wärmetheorie eng zusammen. Der Verfasser setzt auseinander, daß dieser Satz die Eierschalen seines anthropomorphen Ursprungs noch nicht völlig abgestreift habe; doch habe der Kern des Satzes mit menschlichen Fähigkeiten nichts zu tun, und seine endgültige Formulierung werde in einer Weise erfolgen müssen, die keinerlei Bezugnahme auf die Ausführbarkeit irgendwelcher Naturprozesse durch Menschenkunst enthält. (In betreff der besonders lesenswerten Ausführungen zu dieser Frage muß auf die Schrift selbst verwiesen werden.) Es handelt sich in letzter Instanz darum, den Begriff der Entropie derart zu verbessern, daß er von der Voraussetzung gewisser reversibler, noch dazu in Wirklichkeit gar nicht einmal ausführbarer Prozesse unabhängig wird. Die vorübergehende Einführung solcher idealer Prozesse ist vielleicht nur ein Umweg gewesen. In der Tat ist die Emanzipierung des Entropiebegriffs von menschlicher Experimentierkunst und die Erhebung des zweiten Hauptsatzes zu einem realen Prinzip bereits vollzogen durch die wissenschaftliche Lebensarbeit Ludwig Boltzmanns, die darin besteht, daß er den Begriff der Entropie auf den Begriff der Wahrscheinlichkeit zurückgeführt hat. So geht z. B. die Wärme von einem Körper von höherer Temperatur zu einem von tieferer über, weil der Zustand gleicher Temperaturverteilung wahrscheinlicher ist als jeder Zustand ungleicher Temperaturverteilung. Die Berechnung einer bestimmten Größe der Wahrscheinlichkeit für jeden Zustand eines Körpersystems wird ermöglicht durch die Einführung der atomistischen Theorie und der statistischen Betrachtungsweise. Für die Wechselwirkung der Atome gelten dann die bekannten Gesetze der Physik, während allerdings für die Körpersysteme an die Stelle der absoluten Notwendigkeit des bisherigen Weltbildes eine bloße Wahrscheinlichkeit, wennschon eine enorm hohe, tritt. Die Entropie ist dann dem Logarithmus der Wahrscheinlichkeit proportional. Die Fruchtbarkeit dieser neuen Definition der Entropie hat sich bereits in der Theorie der Wärmestrahlung gezeigt, da sie zur Aufstellung von Gesetzen geführt hat, die mit der Erfahrung gut übereinstimmen. Ferner entspricht es der Theorie, daß es Fälle geben kann, in denen die Gesamtentropie zweier Systeme verschieden ist von der Summe der Einzelentropien. Der Nachweis, daß solche Fälle wirklich vorkommen, ist (1907) durch M. Laue[1]) geliefert worden, indem er zeigte, daß zwei kohärente Strahlen von beliebiger Temperatur sich durch eine einfache optische Vorrichtung in zwei andere verwandeln lassen, die eine größere Temperaturdifferenz besitzen. Auch von der Energie der Brownschen Molekularbewegung wäre es sehr wohl denkbar, daß aus ihr nutzbare lebendige Kraft hervorginge. Und selbst die von dem zweiten Hauptsatz drohende Gefahr des „Wärmetodes“ würde auf solche Art vermeidbar werden, ohne daß die Allgemeingültigkeit des zweiten Hauptsatzes angetastet zu werden brauchte. —

Zum Schluß wendet sich der Verfasser zu der Erörterung der Frage: „Ist das physikalische Weltbild lediglich eine mehr oder minder willkürliche Schöpfung unseres Geistes, oder finden wir uns zu der gegenteiligen

[1]) Man vgl. den Bericht in diesem Heft S. 121.

Auffassung getrieben, daß es reale, von uns unabhängige Dinge wiederspiegelt?" Oder konkreter: „Dürfen wir vernünftigerweise behaupten, daß das Prinzip der Erhaltung der Energie in der Natur schon gegolten hat, als noch kein Mensch darüber nachdenken konnte, oder daß die Himmelskörper sich auch dann noch nach dem Gravitationsgesetz bewegen werden, wenn unsere Erde mit allen ihren Bewohnern in Trümmer gegangen ist?" Der Verfasser beantwortet diese Frage mit ja und stellt sich dadurch in Gegensatz zu der von E Mach ausgehenden Auffassung. Ja, er erklärt die Atome für nicht mehr und nicht weniger real als die Himmelskörper oder als die uns umgebenden irdischen Objekte. Der Satz, daß ein Wasserstoffatom $1{,}6 \,.\, 10^{-24}$ g wiegt, enthält keine geringere Art von Erkenntnis wie der, daß der Mond $7 \,.\, 10^{25}$ g wiegt. Der große Erfolg, den Machs Erkenntnistheorie bei den Naturforschern gefunden habe, sei eine Art Reaktion gegen die stolzen Erwartungen, die man vor einem Menschenalter an die speziell mechanische Naturanschauung geknüpft hatte. Aber wenn auch dem Machschen System kein innerer Widerspruch nachzuweisen sein werde, so sei doch seine Bedeutung im Grunde nur eine formalistische, weil ihm die Forderung eines konstanten, von dem Wechsel der Zeiten und Völker unabhängigen Weltbildes fremd sei. Das konstante einheitliche Weltbild aber sei gerade das feste Ziel, dem sich die wirkliche Naturwissenschaft in allen ihren Wandlungen fortwährend annähere, und schon unser gegenwärtiges Weltbild enthalte gewisse Züge, die durch keine Revolution weder in der Natur noch im menschlichen Geiste je mehr verwischt werden könnten. Auch bei allen großen Forschern der Vergangenheit, bei Copernikus, Kepler. Newton, Huygens, Faraday sei das Treibende der Glaube an die Realität ihres Weltbildes gewesen. Jene Männer sprachen nicht von ihrem Weltbild, sondern von der Welt oder der Natur selbst, und auch unser „Weltbild der Zukunft" sei im Grunde nicht davon verschieden. Es empfehle sich schon vom ökonomischen Standpunkt aus, schlichtweg wieder von der Welt zu sprechen und jene mehr realistische Ausdrucksweise wieder anzuwenden, wie sie von den Physikern tatsächlich stets gebraucht wird, wenn sie in der Sprache ihrer Wissenschaft reden.

P.

4. Unterricht und Methode.

Die preußischen Lehrpläne für das höhere Mädchenschulwesen. Die Neuordnung des höheren Mädchenschulwesens in Preußen[1]) setzt die bisherige, von neun auf zehn Klassen erweiterte höhere Mädchenschule in nahe Verbindung einerseits mit dem „Lyzeum", das an jene anschließend in dreijährigem Kursus die wissenschaftliche Ausbildung zum Lehrerinnenexamen gewährt und andererseits zu der „Studienanstalt", die in drei parallelen Zweigen, auf den Wegen der Oberrealschule, des Realgymnasiums oder des Gymnasiums bis zur Reifeprüfung für die Universitätsstudien führt; und zwar gabelt sich der Oberrealschulzweig von der III. Klasse der höheren Mädchenschule (14. Lebensjahr), der Realgymnasialzweig und der Gymnasialzweig von der IV. Klasse (13. Lebensjahr) der höheren Mädchenschule ab. Die nachstehende Übersicht gibt ein Bild der Neuordnung; es sind darin die einander entsprechenden Klassen untereinander gestellt:

	Höhere Mädchenschule: Klasse X—IV	III	II	I			
Lyzeum					III	II	I
Studienanstalt O.-R.-Kurse:			V	IV	III	II	I
Studienanstalt R.-G.-Kurse:		VI	V	IV	III	II	I
Studienanstalt G.-Kurse: .		VI	V	IV	III	II	I

Uns gehen hier nur die Lehrpläne für den naturwissenschaftlichen Unterricht, und im besonderen für Physik und Chemie an. In den allgemeinen Bestimmungen ist ausgesprochen, es sei zu verhüten, daß die ästhetische und die Gefühlsbildung zu sehr überwiegen, während Verstandesbildung und Erziehung zu selbsttätiger und selbständiger Beurteilung der Wirklichkeit zurücktreten. Vielmehr sollen die letzteren Gesichtspunkte stärker zur Geltung kommen, insbesondere durch den von Klasse IV an eingeführten mathematischen Unterricht und durch Umgestaltung und Verstärkung des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Die Mathematik hat in der Tat durch einen Be-

[1]) Bestimmungen über die Neuordnung des höheren Mädchenschulwesens in Preußen. Nebst den Bestimmungen über die Zulassung der Frauen zum Universitätsstudium. 27 S.; Ausführungsbestimmungen zu dem Erlaß vom 18. August 1908 über die Neuordnung des höheren Mädchenschulwesens. 110 S. Berlin, J. G. Cotta Nachfolger, 1908.

trieb von 3 wöchentlichen Stunden in den obersten 4 Klassen eine angemessene Berücksichtigung gefunden, die für die Naturwissenschaften angesetzte Stundenzahl erscheint jedoch nicht als ausreichend; man bedenke, daß 14 Stunden Geographie nicht mehr als 17 Stunden Naturkunde (einschließlich Physik und Chemie) gegenüberstehen. Die Verteilung auf die einzelnen Klassen ist folgende:

Klasse	VII	VI	V	IV	III	II	I
Naturbeschreibung	2	2	2	3	1	1	—
Physik und Chemie	—	—	—	—	2	2	2

In den Ausführungsbestimmungen sind bezüglich der **Physik** und **Chemie** folgende Lehraufgaben vorgeschrieben:

Klasse III: Einige chemische Verbindungen und die darin enthaltenen chemischen Elemente; grundlegende Begriffe wichtiger chemischer Vorgänge. — Physikalische Grundbegriffe. Das für den folgenden Lehrgang Unentbehrliche aus der Lehre vom Gleichgewicht und der Bewegung der Körper und aus der Wärmelehre im Anschluß an Erscheinungen des täglichen Lebens.

Klasse II: (Chemische Unterweisungen im Anschluß an den botanischen und zoologischen Unterricht.) Einfache Erscheinungen aus dem Gebiete des Magnetismus, der Reibungselektrizität, der Optik und Akustik.

Klasse I: Die einfacheren Abschnitte aus der Mechanik der festen, flüssigen und luftförmigen Körper. Haupterscheinungen des elektrischen Stromes. Einiges aus der anorganischen Chemie der Metalloide.

In dieser Stoffverteilung fällt zunächst auf, daß in Klasse I drei Gebiete zusammengedrängt sind, deren jedes für sich reichlich 1/2 Jahr beansprucht. Eine Nötigung hierzu ist um so weniger vorhanden, als andererseits die Mechanik innerhalb dieser Unterstufe (denn nur als solche kann dieser ganze Lehrplan, entsprechend dem der sechsklassigen Knabenrealschulen, angesehen werden) an zwei Stellen, die Chemie ebenfalls an zwei (bzw. sogar an drei) Stellen auftritt. Zum Teil dürfte diese Zerreißung dadurch veranlaßt sein, daß die Anatomie und Physiologie der Pflanzen und Tiere sowie des Menschen auf Klasse II gelegt ist, und hierfür gewisse Kenntnisse aus der Mechanik der drei Aggregatzustände wie auch aus der Chemie erforderlich sind. Diese Anordnung hängt damit zusammen, daß für die Klasse I wegen der gleichzeitig einsetzenden Kunstgeschichte nur 2 naturwissenschaftliche Stunden zur Verfügung standen. Aber selbst wenn man diese Anordnung gelten läßt, wäre immer noch eine zweckmäßigere Verteilung des Lehrstoffes denkbar. Zum Glück ist das Provisorische der neuen Lehrpläne an verschiedenen Stellen mehr oder weniger deutlich zugestanden, man darf daher erwarten, daß die Schulbehörden etwaigen abweichenden Lehrplananträgen gegenüber ein ähnliches Entgegenkommen zeigen werden, wie es an den Knabenschulen seit 1901 geübt wird. Handelt es sich doch darum, die Einzelheiten des Planes erst an der Hand der zu sammelnden Erfahrungen auszugestalten. In Vorschlag gebracht sei die folgende Verteilung des Stoffes:

Klasse III: Einfachste Abschnitte aus der Mechanik der festen, flüssigen und gasförmigen Körper. — Wärmelehre.

Klasse II: Propädeutischer Kursus der Chemie. — Akustik und Optik.

Klasse I: Magnetismus und Reibungselektrizität. — Der elektrische Strom.

Diese Anordnung entspricht den Vorschlägen, die in den Meraner Lehrplänen der Unterrichtskommission der Naturforscher und Ärzte für die Unterstufe enthalten sind. Sie weicht davon nur insofern ab, als der Stoff auf drei statt zwei Jahre verteilt ist und auch die Chemie umfaßt. Die auf Klasse II gelegten Abschnitte sind so gewählt, daß sie sich mit der dort behandelten Physiologie der Tiere und des Menschen zusammenschließen.

Eine prinzipiellere, aber auch heilsamere Änderung würde es freilich bedeuten, wenn man sich entschlösse, in den Klassen III und II die drei Stunden ganz der Physik und Chemie zu widmen und dafür in I die zwei Stunden unverkürzt der Biologie nebst der Lehre vom Menschen zuzuweisen. Die Unterbrechung in den Klassen II und III würde durch eine nunmehr intensivere Behandlung in I und durch ein frischeres Interesse der Schülerinnen mehr als aufgehoben werden. Andererseits träte dadurch auch zwischen dem Unter- und dem Oberkursus in Physik eine nicht unwillkommene Unterbrechung ein (man vergleiche die zweijährige Unterbrechung an den österreichischen Gymnasien). Es wäre zu wünschen, daß auch in dieser Richtung Versuche gemacht würden.

Ein bunteres Bild bieten die Lehrpläne für die Oberstufe (Lyzeum und Studienanstalt) dar:

<table>
<tr><th rowspan="3">A</th><th>B</th><th>C</th><th>D</th></tr>
<tr><th></th><th colspan="2">Studienanstalt</th></tr>
<tr><th>Oberrealschule</th><th>Realgymnasium</th><th>Gymnasium</th></tr>
<tr><td>Klasse III der höheren Mädchenschule (s. oben).</td><td></td><td colspan="2">Klasse VI (2 Std.) wie Klasse III der höheren Mädchenschule.</td></tr>
<tr><td>Klasse II der höheren Mädchenschule (s. oben).</td><td>Klasse V (4 Std.) wie Klasse II d. höheren Mädchenschule.</td><td colspan="2">Klasse V (2 Std.) wie Klasse II der höheren Mädchenschule.</td></tr>
<tr><td>Klasse I der höheren Mädchenschule (s. oben).</td><td colspan="2">Klasse IV (4 Std.):
a) Physik 2 Std.: Einfachere Abschnitte aus der Mechanik der festen, flüssigen und luftförmigen Körper. Wärmelehre nebst einigem aus der Meteorologie.
b) Chemie 2 Std.: Anorganische Chemie, besonders Metalloide.</td><td>Klasse IV (2 Std.): Einfachere Abschnitte aus der Mechanik usw. und der Wärmelehre. Einiges aus der anorganischen Chemie der Metalloide.</td></tr>
<tr><td>Lyzeum:
Klasse III (2 Std.): Optik und Akustik. Einiges aus der Chemie der Metalle und der organischen Chemie (Gesundheitslehre!).</td><td colspan="2">Klasse III (4 Std.):
a) Physik 2 Std.: Optik und Akustik.
b) Chemie 2 Std: Anorganische Chemie (Fortsetzung) unter Berücksichtigung mineralogischer, geognostischer und geologischer Verhältnisse. Grundlagen der organischen Chemie.</td><td>Klasse III (2 Std.): Fortsetzung der Wärmelehre. Akustik u. Optik. Einiges aus der anorganischen Chemie der Metalle.</td></tr>
<tr><td>Klasse II (3 Std.): Magnetik, Elektrik u. Wärmelehre (nebst einigem aus der Meteorologie). Wiederholungen aus dem biologischen Lehrstoff.

Klasse I (3 Std.): Kosmische Mechanik (Keplersche Gesetze, Newtonsches Gravitationsgesetz). Pendelbewegung, Wellenbewegung. Zusammenfassender Rückblick auf die Gesamtheit der physikalischen Erscheinungen. Ausgewählte Kapitel aus der organischen Chemie. Lehre vom Menschen (einschließlich Gesundheitslehre).</td><td colspan="2">Klasse II und I (je 4 Std.):
a) Physik (3 Std.): Magnetik, Elektrik. Kosmische Mechanik (Keplersche Gesetze), Newtonsches Gravitationsgesetz). Pendelbewegung, Wellenbewegung. Zusammenfassender Rückblick auf die Gesamtheit der physikalischen Erscheinungen.
b) Chemie und Biologie 1 Std.: Fortsetzung der organischen Chemie. — Lehre von der Zelle und den niederen Lebewesen. Überblick über die Stämme des Tier- und Pflanzenreichs in aufsteigender Reihenfolge. Lehre vom Menschen (einschl. Gesundheitslehre).</td><td>Klasse II und I (je 2 Std.): Physik wie A, B und C; ferner einiges aus der organischen Chemie (Gesundheitslehre). Behandlung einzelner in sich geschlossener Gebiete der Biologie, im Anschluß an Klasse IV und V.</td></tr>
</table>

Hier ist offenbar eine Angleichung der Pläne für die verschiedenen Oberkurse aneinander und an den Plan für die höhere Mädchenschule angestrebt worden. Aber es sind doch auch befremdliche Abweichungen vorhanden. So versteht man nicht recht, warum der Klasse IV der Studienanstalt in allen drei Abteilungen nicht (neben der Mechanik) die Elektrik zugewiesen ist wie der ihr entsprechenden I. Klasse der höheren Mädchenschule. Die Schülerinnen von IV erhalten in allen drei Zweigen die Wärme-



lehre, die sie bereits in III der höheren Mädchenschule, also zwei Jahre vorher, kennen gelernt haben, noch einmal vorgesetzt, während die Elektrik dem Unterkursus ganz vorenthalten wird und erst im letzten Jahrgang der Oberstufe auftritt. Nicht minder befremdlich ist es, daß Optik und Akustik (man erwartet die umgekehrte Reihenfolge) an den Anfang des Oberkursus gesetzt sind, während Pendelbewegung und Wellenbewegung, die doch für jene Gebiete von grundlegender Bedeutung sind, in die oberste Klasse verlegt sind. Man vermißt ferner eine Wiederaufnahme der Mechanik (wofür die beiden eben genannten Abschnitte nebst kosmischer Mechanik kein vollgültiger Ersatz sind). Man begreift auch nicht die einseitige Hervorhebung von Keplerschen Gesetzen und Newtonschem Gravitationsgesetz, während so wertvolle Kapitel wie die Himmelskunde und die kosmische Physik hier nicht erwähnt sind. (Für die Himmelskunde sucht man auch in den Lehrplänen für Geographie vergebens nach einer irgendwie ausreichenden Berücksichtigung; in Klasse II ist eine „zusammenfassende Darstellung der mathematischen Erdkunde" zwischen „Deutschland" und „Wiederholung der außereuropäischen Erdteile" eingeschoben.) Von den Unstimmigkeiten zwischen den Plänen der verschiedenen Oberstufen soll bei der Unvollkommenheit der vorliegenden Anweisungen ganz abgesehen werden. Den einzigen Ausweg aus den hier sich häufenden Schwierigkeiten bietet die Möglichkeit, der Behörde Gegenvorschläge zu unterbreiten und deren Genehmigung zu erbitten.

Für Vorschläge in dieser Richtung seien die schon erwähnten Meraner Lehrpläne der Beachtung empfohlen, die freilich in mehrfacher Hinsicht Modifikationen erfordern werden, um den immerhin etwas anders gearteten Bedürfnissen der Mädchenausbildung gerecht zu werden. Dabei wäre auch eine völlige Angleichung der parallelen Klassen der verschiedenen Abteilungen des Oberkursus herbeizuführen, ebenso wie dies zwischen den Oberklassen der Knabenschulen der Fall ist. Dies erscheint um so wichtiger, als nicht selten, und namentlich in der ersten Zeit, Übergänge aus einem Kursus in den andern und auch noch von der obersten Klasse der höheren Mädchenschule in die Oberrealschulabteilung wünschenswert sein mögen, bei denen alle unnötigen Übergangsschwierigkeiten beseitigt werden sollten. In Betracht kommt ferner noch, daß gewiß vielfach von der durch die Lehrpläne an die Hand gegebenen Möglichkeit Gebrauch gemacht werden wird, die entsprechende Parallelabteilungen der Oberstufe, besonders von Lyzeum und Studienanstalt, in einzelnen Fächern zu kombinieren.

Daß der naturwissenschaftliche Unterricht und besonders auch der physikalische nicht mathematisch, sondern experimentell und induktiv zu betreiben sei, ist eine neuerdings allgemein anerkannte Wahrheit. Es ist daher nicht recht angebracht, daß in den Ausführungsbestimmungen (S. 64) gesagt wird: „Auch die umfangreichen deduktiven Herleitungen physikalischer Gesetze können den Mathematikstunden zugewiesen werden"; und ähnlich S. 72: „Die unentbehrlichen mathematischen Entwicklungen sind, soweit sie größeren Umfang haben, möglichst den Mathematikstunden zu überweisen". Wir stellen dem die Thesen gegenüber: 1. Physikalische Gesetze sind der Regel nach aus Experiment und Beobachtung abzuleiten. 2. Umfangreiche deduktive Herleitungen physikalischer Gesetze gehören überhaupt nicht in den Unterricht. 3. Unentbehrliche mathematische Entwickelungen sind, wenn überhaupt, so in der Physikstunde selbst zu geben, da sie nicht aus dem Zusammenhang mit dem empirischen Stoff herausgerissen werden dürfen. Was an der Vorschrift der Lehrpläne berechtigt bleibt, ist etwa die Forderung, daß mathematische Anwendungen physikalischer Gesetze als Übungsbeispiele in den mathematischen Unterricht verwiesen werden sollten. (So auch die Meraner Vorschläge, Gesamtausgabe S. 124).

Allzu zurückhaltend klingt auch der Satz (S. 73): „Empfehlenswert ist es, die Schülerinnen, soweit es möglich ist, zu praktischen Übungen anzuregen." Angesichts der kräftigen Entwicklung, die die praktischen Schülerübungen neuerdings genommen haben, hätte man wohl eine wärmere Befürwortung erwarten dürfen. Hat man doch in Amerika längst den Schritt getan, auch die Schülerinnen zu physikalischen, chemischen, biologischen Übungen — nicht bloß „anzuregen", sondern ihnen die Gelegenheit dazu in eigens dafür eingerichteten Laboratorien zu bieten. Hier eröffnet sich den Lehrern und Lehrerinnen der Naturwissenschaft in den höheren Mädchenschulen noch ein Feld lohnendster Tätigkeit, denn durch nichts besser als durch solche Übungen können die Schülerinnen zu „selbsttätiger und selbständiger Beurteilung der Wirklichkeit" erzogen werden. *P.*

5. Technik und mechanische Praxis.

Fernübertragung von Schrift und Zeichnungen (Telautographie).*) Es ist früher eingehend über die Lösung der Aufgabe: „Photogramme in die Ferne zu übertragen“ berichtet worden; ein verwandtes und doch eigenartiges Problem ist die „Fernübertragung von Schrift und Zeichnungen“, und zwar im Augenblicke des Entstehens. Apparate, die dies ermöglichten, wären Fernschreiber oder Telegraphen im eigentlichen Sinne, wegen der Vorwegnahme dieser Bezeichnung für bereits lange dem Verkehr dienende Vorrichtungen verwendet man aber die Bezeichnung Telautographen. Je nachdem diese nun entweder wirklich, wie erwähnt, die Schrift oder Zeichnung im Augenblicke des Entstehens übertragen, also für eine identische gleichzeitige Schreibstiftführung an Geber und Empfänger sorgen, oder aber die fertige Schrift oder Zeichnung in der Ferne quasi kopieren, unterscheidet man Telautographen im engeren Sinne und Kopiertelegraphen; letztere sind die älteren. Es handelt sich hierbei nur darum, auf der Gebestelle über die fertige Schrift oder Zeichnung einen Schreibstift synchron mit einem solchen auf der Empfangsstelle zu führen, und jedesmal dann, wenn ersterer einen Strich passiert, durch einen Strom an der Empfangsstelle dies zu markieren, wozu man sich elektrochemischer Wirkungen, des Ausscheidens eines stark färbenden Stoffes aus einer geeigneten Salzlösung in einem mit dieser getränkten Papier bedienen kann. Der älteste derartige Kopiertelegraph rührt von Bakewell 1847 her, als dessen Vorläufer der chemische Telegraph von Bain 1842 anzusehen ist; weiter ist am bekanntesten der Pantelegraph von Caselli 1856. Auf dem gleichen Prinzipe beruht auch die neuere Ausgestaltung des „Fernphotographen“ von A. Korn (vgl. diese Zeitschr. XV, 375; XVII, 115; XX, 335; XXI, 57) zu einem Telautographen zur Übermittlung von Schriften und Zeichnungen; das Wesentliche ist dabei nur der Sender, vgl. Fig. 1, der in der Hauptsache eine neuere Ausführungsform desjenigen von Bakewell ist. Man schreibt oder zeichnet mittelst nichtleitender Tinte auf eine Metallfolie und legt diese um die Metallwalze C_1, der einerseits von 4 aus der Strom der Batterie Q zugeführt wird, während andererseits der mit der Fernleitung verbundene Stift s mittelst der von der Walzenachse aus durch das Räderwerk angetriebenen Schraube längs C_1 verschoben wird, so daß s eine enge Spirallinie auf C_1 beschreibt. Der Synchronismus zwischen Geber und Empfänger wird wie bei dem Fernphotographen dadurch hergestellt, daß man den Empfänger schneller laufen läßt, um 1%, und ihn nach jeder Umdrehung um ebensoviel arretiert; der Korrektionsstromstoß hierzu erhält durch den aus den Scheiben i_1 i_2, den Federn a b und den Kontakten 1 ÷ 4 bestehenden Umschalter entgegengesetzte Richtung wie der Übertragungs-

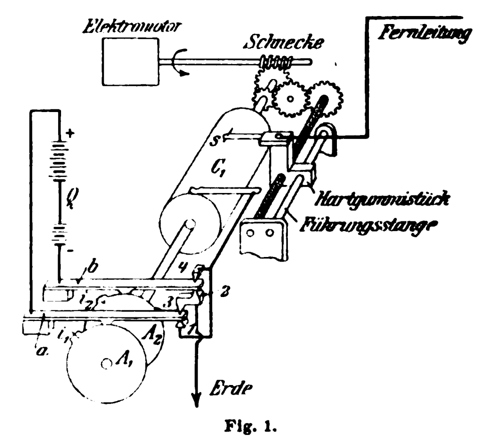


Fig. 1.

strom. Als Empfänger dient das Kornsche Lichtrelais, bestehend aus einem modifizierten Saitengalvanometer, welches das als Schreibstift wirkende konzentrierte Lichtstrahlenbündel mehr oder weniger abblendet. Die Telautographie erfordert nicht die Wiedergabe von Halbtönen, es genügt der Wechsel Schwarz-Weiß, doch muß dieser sehr rasch erfolgen, und da die alte Anordnung nur etwa 300 Schwingungen i. d. Sek. auszuführen vermag, was mit Rücksicht auch auf die Übertragung von Autotypieen nicht genügt, so mußte das Relais einer Umgestaltung unterzogen werden. In der neuen Form ist die Eintrittsöffnung des Lichtes ein wagerechter Schlitz, hinter dem sich die Objektivlinse befindet; der Strom durchläuft einen einzigen, und zwar bandförmigen, hochkant stehenden Leiter, der selbst als Blende dient; auf diese Weise ist es gelungen, die Eigenschwingungszahl bis auf 2000 zu treiben. Die neue Anordnung arbeitet wegen der infolge Fortfalls der Übertragung von Halbtönen und der Ausschaltung der eine besondere Kompensation bedingenden Selenzellen durchweg etwas größerer Stromstärke wesentlich

*) Originalbericht. Nachdruck verboten.

störungsfreier und sicherer als die frühere; z. Z. ist man damit beschäftigt, die Schwingungszahl für Übertragung von Autotypien noch weiter zu vergrößern. Diese Versuche liegen vornehmlich in Händen von Dr. Br. Glatzel, der seit geraumer Zeit Mitarbeiter von Prof. Korn ist und namentlich auch um die Verbesserung des Fernphotographen durch eingehende Untersuchungen des bezügl. Verhaltens der Selenzellen sich verdient gemacht hat. — vgl. diese Zeitschr. XXI, S. 60, Fußnote; dem Genannten ist unlängst die gute Übertragung einer Autotypie mit 2000 Eigenschwingungen nach Paris gelungen. Ein ähnlicher neuerer Apparat ist der von Carbonelle (Belgien), der auch einen Bakewell-Geber, aber als Empfänger eine mit Stift versehene, demnach ähnlich der eines Phonographen arbeitende Telephonmembran benutzt, und der bisher — bei Laboratoriumsversuchen — sehr gute Resultate ergeben hat.

Gehen wir nun zu den Telautographen in engerem Sinne über, bei denen die Schrift an beiden Stationen gleichzeitig entsteht, so ist, um dies zu ermöglichen, d. h. die Bewegung des Schreibstiftes richtig zu übertragen, vor allen Dingen eine Analyse dieser Bewegung nötig, was, da letztere in einer Ebene erfolgt, durch Zurückführung auf 2 Koordinaten geschehen kann. Zur Erläuterung diene Fig. 2. Es ist dort eine Ziffer „5“ gezeichnet,

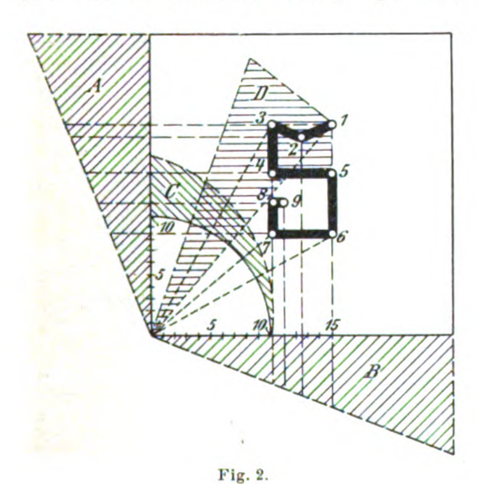


Fig. 2.

deren wesentlichste Punkte mit 1 ÷ 9 bezeichnet sind, und deren jedem ein bestimmtes Paar von rechtwinkligen Koordinaten entspricht; denken wir uns nun längs der Abszisse wie der Ordinate ein von Punkt zu Punkt proportional x bzw. y wachsendes Potential angebracht, wie dies A und B andeuten, und mit dem Schreibstift die Enden einer doppelten Fernleitung so verbunden, daß sie sich proportional den Koordinaten, das eine längs x, das andere längs y, verschieben, so entspricht jeder Stiftstellung ein ganz bestimmtes Paar von Potentialwerten, von deren Größe dann die Ströme in den Fernleitungen abhängen, die zur Reproduktion der Stiftstellung im Empfänger benutzt werden können. Man kann diesen Potentialabfall in der Weise erreichen, daß man den Koordinatenachsen entsprechend 2 dauernd vom Strom parallel durchflossene Widerstände anordnet, deren verbundene Enden einseitig an Erde gelegt sind; man kann aber auch, statt direkt den Ort, die Entfernung vom Nullpunkt zugrunde legen, wie dies bei dem „Faksimile-Telegraph“ von Cerebotani geschehen und ebenfalls in Fig. 2 — für den Punkt 6 — veranschaulicht ist. Bei dem genannten Apparate bewegt der Schreibstift zwei auf rechtwinklig zueinander angeordneten Schienenpaaren gleitende Wagen, deren jeder bei seiner Bewegung ein Kontaktrad dreht, welches in die Leitung Stromstöße entsendet, deren Zahl von der vom Nullpunkte aus zurückgelegten Strecke abhängt; jeder dieser Stromstöße dreht vermöge eines Schaltmagneten mit Sperrzahn am Anker ein den Stift des Empfängers verschiebendes Rad, für jede Komponente eins. Um nun auch die Bewegungsrichtung jeweils eindeutig zu bestimmen, damit Sende- und Empfangsstift sich stets gleichsinnig und hin- wie rückläufig bewegen können, ist eine einfache Umschaltevorrichtung vorgesehen, indem das durch Bewegung des Senderstiftes gedrehte Kontaktrad durch Reibung einen kleinen Kommutierungshebel im Sinne der eigenen Drehung umlegt, so daß jedem Bewegungssinne in Richtung der einzelnen Komponente eine andere Stromrichtung in der zugehörigen Fernleitung entspricht, und diese Ströme im Empfänger einen polarisierten Magneten betätigen, so daß von 2 miteinander verbundenen, die Schreibstiftbewegung veranlassenden Zahnstangen die eine oder die andere, für Hin- bzw. Rückgang, zur Wirkung kommt. Dieser vor 2 Jahren in Berlin in der Erfindungs-Ausstellung gezeigte interessante Apparat arbeitet recht gut und ist seiner Konstruktion nach für beliebig große Schreibflächen verwendbar, da allein die Führungsschienen entsprechend zu vergrößern sind; als nachteilig könnte man bezeichnen 1. die unstetige Stiftbewegung, 2. die dadurch nötig werdende Größenverschiedenheit von Original und Fernschrift, letztere ist erheblich kleiner, 3. die Notwendigkeit

jeweils vor Beginn der Übertragung beide Apparate einzustellen, da stromlos jeder Stift unabhängig vom anderen ist.

Statt auf rechtwinklige kann man aber auch, wie ebenfalls Fig. 2 veranschaulicht, die Schrift auf Polarkoordinaten zurückführen und zu deren Übertragung ebenfalls Widerstände in der schon geschilderten Weise zur Darstellung eines Potentialabfalles entsprechend C und D anwenden. Hierauf beruht der äußerst sinnreiche Fernschreiber von Grzanna, Fig. 3 in Außenansicht, welcher sich durch leichte Handhabung, bequemen Bau und die Möglichkeit, sich ohne weiteres an jede vorhandene Telephonleitung ohne jede Beeinträchtigung der Verständigung anschließen zu lassen, auszeichnet. Der Apparat ist entstanden aus Ideen des Ingenieurs Eug. Klein, seine Prinzipien sind enthalten in den D. R. P. 127 212, 141 791, 146 373 von 1901 bzw. 1902 der Kopiertelegraph G. m. b. H.; er ist in einer älteren Form fälschlich bekannt als Telautograph von Gruhn, der jedoch nur als Angestellter der genannten Gesellschaft ihm gegebene bestimmte Anweisungen ausgeführt hat. Fig. 3 stellt eine vollständige Station dar. Der Geber, Fig. 4, ist folgendermaßen eingerichtet. Der Schreibstift t bewegt beim Gange von links nach rechts einen Kontakt b über den Widerstand r vermittelst des Armes a, beim Gange in der Senkrechten dagegen den ebenfalls an a befestigten Widerstand s über den Kontakt c; der Drehpunkt p von a bewegt sich stets in der Geraden AB, demnach entspricht der Potentialabfall längs r in Fig. 2 D, der längs s bzw. C. Von b bzw. c gehen die Fernleitungen aus, die letztere an der Stiftspitze noch einmal unterbrochen, derart, daß erst beim Aufsetzen des Stiftes Stromschluß eintritt. Im Empfänger, Fig 5, durchlaufen die beiden ankommenden Ströme bzw. zwei Spiegel-Galvanometer g und h, mit rechtwinklig zueinander stehenden Achsen, so daß das Licht einer Glühlampe L, über die Spiegel h und s auf die Schreibfläche geleitet, dort als Punkt genau die Stiftbewegungen des Empfängers wiederholt, und zwar in gleicher Größe. Der Schreibstift befindet sich für gewöhnlich in einem Halter, vgl. Fig. 3 rechts hinten; sobald man ihn herausnimmt, leuchtet auf der anderen Station die Lampe auf. Hat man fertig geschrieben, so legt man den Stift wieder in den Halter, und sofort wird vermöge des Relais R der Motor M in Tätigkeit gesetzt, der gerade nur die beschriebene Fläche photographischen Papiers unter dem Entwicklungskasten En vorbei nach D unter eine gelbe Glasscheibe transportiert, wo man das rasche Hervortreten der Schrift beobachten kann. Die erwähnte Unterbrechung am Schreibstift hat den Zweck, die

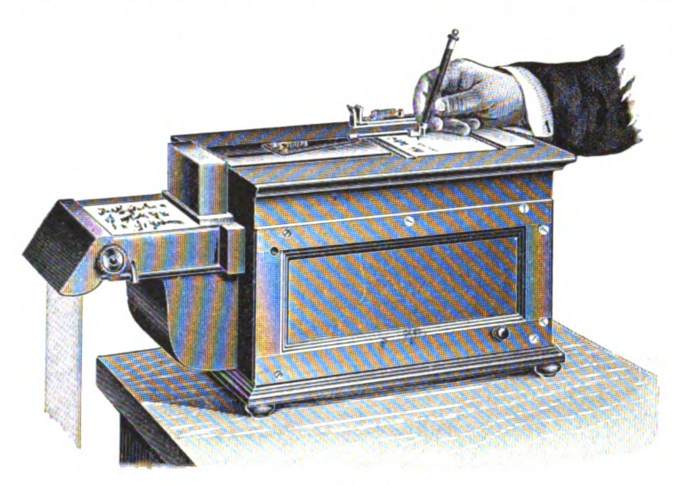


Fig. 3.

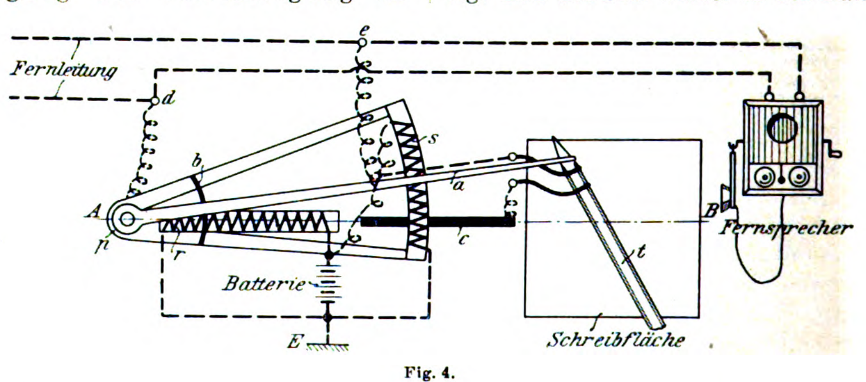


Fig. 4.

Schrift natürlich werden zu lassen, zu vermeiden, daß jede Zeile oder einzelne Zeichen mit den andern verbunden sind, wie das z. B. bei Cerebotani unvermeidlich ist; sobald nämlich der Stift gehoben wird, dann springt gearbeitet; es ist nur zu wünschen, daß die der Anwendung noch entgegenstehenden Schwierigkeiten bald beseitigt werden mögen, da eine augenblickliche schriftliche oder zeichnerische Mitteilung, es sei nur an den inneren

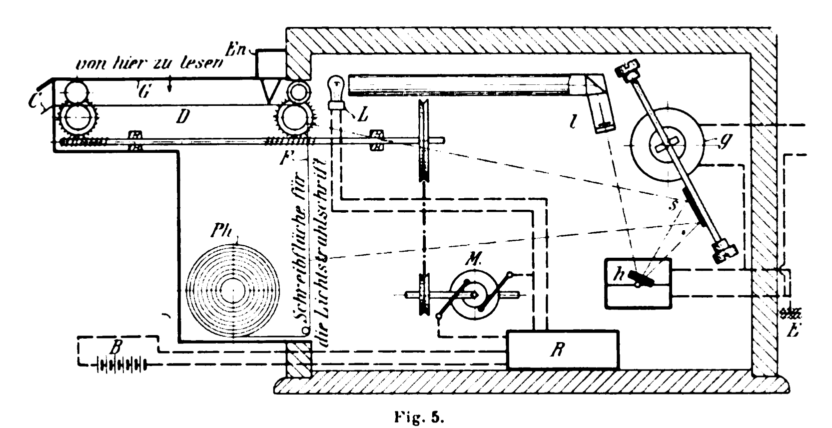


Fig. 5.

augenblicklich der Lichtpunkt zur Seite. Der äußerst sinnreiche und von den verschiedenen Telautographen wohl am besten durchgebildete und aussichtsreichste Apparat ist auf Fernleitungen bis zu 400 km Länge versucht worden und hat bisher stets zur Zufriedenheit Verkehr großer technischer Betriebe bezügl. Konstruktionsfragen oder an die Bedeutung von Krokis nach den Erkundungen der Vorposten im Kriege erinnert, für viele Zwecke von großem Wert und hoher Bedeutung wäre.

Biegon von Czudnochowski.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Magneto- und Elektrooptik. Von Prof. Dr. Woldemar Voigt. Leipzig, Teubner, 1908. 396 S., 75 Fig. Geb. M 14,—.

Unter den Forschungen der letzten Jahre steht die Entdeckung Zeemans, daß das Magnetfeld die Spektrallinien zerspaltet, in erster Reihe. Aus unscheinbaren, auch theoretisch zunächst recht einfach erscheinenden Anfängen hat sich diese Sache in kürzester Zeit zu einem ungeahnten Reichtum von Erscheinungen entwickelt, die in ihrer Zartheit unerhörte Ansprüche an die Güte der Instrumente und an die Geschicklichkeit der Beobachter stellten und in ihrer Mannigfaltigkeit einer einheitlichen Erklärung die größten Schwierigkeiten bereiteten. Es war bereits recht schwierig, über dieses schnell sich vermehrende experimentelle und theoretische Material einigermaßen Übersicht zu behalten, und so ist denn die vorliegende zusammenfassende Behandlung sehr zu begrüßen, um so mehr, als sie von der Hand Voigts stammt, der mit größtem Erfolg um die theoretische Durcharbeitung der Sache bemüht gewesen ist. Seine Auffassung war gerade darin so glücklich, daß sie den gemeinsamen Grund scheinbar ganz voneinander unabhängiger Erscheinungen fand, nicht nur innerhalb des dem Zeeman-Phänomen zugehörigen Kreises, sondern auch zwischen dieser und den anderen magnetooptischen Erscheinungen, zu denen die elektrooptischen in einen gewissen Gegensatz treten, der aber vom Standpunkte der Theorie aus wie eine Ausbreitung desselben Grundgedankens auf weitere Möglichkeiten der Ausgestaltung erscheint.

Die Übersicht über die experimentellen Befunde beginnt in allen Kapiteln mit einer anschaulichen, die Leistungsfähigkeit genau vergleichenden Schilderung der Apparate und Methoden, die Befunde selbst werden durch treffliche Abbildungen von Photogrammen erläutert, die von den verschiedenen Forschern dem Verfasser überlassen sind.

Die Darstellung beginnt mit der Drehung der Polarisationsebene, die im Einklang mit den Versuchen Righis über die verschiedene Fortpflanzungsgeschwindigkeit links und rechts polarisierten Lichtes in CS_2 im Magnetfelde als zirkulare Doppelbrechung aufgefaßt

wird. Die für alle Richtungen gleichwertigen Grundgleichungen der Lichttheorie werden durch Bevorzugung einer Richtung umgestaltet, wofür sich im Einklang mit den Symmetrieverhältnissen der Erscheinung die beiden Möglichkeiten darbieten, daß entweder gewisse Differentialquotienten nach der Zeit oder außer diesen auch noch gerade Differentialquotienten nach der ausgezeichneten Richtung auftreten. Die erste Erweiterung sagt gewöhnliche Doppelbrechung senkrecht zum Magnetfelde voraus, während nach der zweiten in dieser Richtung die Isotropie erhalten bleibt. Die vor kurzem am Nitrobenzol entdeckte magnetische Doppelbrechung entscheidet für die erste Form.

Die Zeemansche Entdeckung wird zunächst in ihrer ersten Form beschrieben, die nach der Lorentzschen Deutung in einer Zerspaltung der Spektrallinie in ein Triplet besteht. Es folgt eine Einführung in die Elektronentheorie und an der Hand vieler Abbildungen die Schilderung der komplizierteren Teilungen, die nach Preston bei verwandten Spektrallinien gleichen Charakter haben und nach Runge sämtlich durch Vielfache von Bruchteilen derjenigen Konstante dargestellt werden können, die nach Lorentz das einfache Triplet beherrscht. Lorentz zeigt, daß die Annahme gekoppelter Elektronen die Möglichkeit komplizierter Teilungen bietet, es gelingt jedoch weder ihm noch anderen, den Ansatz fruchtbar zu entwickeln.

Im folgenden Kapitel wird die Voigtsche Theorie zunächst für das einzelne Elektron, d. h. für das Triplet, entwickelt. Ihre Stärke liegt darin, daß sie von dem Zeeman-Phänomen im Absorptionsspektrum ausgeht, mit anderen Worten, daß sie die Dispersionstheorie auf die Erscheinung anwendet. Wie nämlich das ins Dielektrikum eingelagerte Elektron nicht nur auf die Lichtwelle wirkt, die mit ihm gleiche Periode hat, sondern im ganzen Spektrum sich bemerkbar macht und, in erzwungenen Schwingungen mitgeschleppt, die Fortpflanzung der langsameren Schwingungen verlangsamt, die der schnelleren beschleunigt und diese beiden Wirkungen, die um so mehr auseinander klaffen, je mehr sich die Periode des Lichtstrahls der Eigenschwingung des Elektrons nähert, im Gebiet der Resonanz durch die anomale Dispersion überbrückt, so macht sich auch die magnetische Änderung der Eigenschwingungsdauer im ganzen Spektrum bemerkbar und gibt nicht nur in den Linien selbst zum Zeeman-Effekt, sondern in ihrer Nachbarschaft zu Drehungen der Polarisationsebene um einige hundert Grad und zu starken Doppelbrechungen in der zu den Kraftlinien senkrechten Richtung Anlaß, Erscheinungen, die mit dem alten Faradayschen Versuch die nächste Verwandtschaft haben. Die Lichtgleichungen werden in allgemeinster, komplexer Form eingeführt, auch der Brechungsindex erscheint als komplexe Größe, dadurch ist es möglich, zugleich Dispersion und Absorption, d. h. Ort und Intensität der Erscheinung, zu berechnen. Diese reichhaltige Theorie hat sich als vorschauender Führer der Forschung und in schärfster Prüfung ihrer genauen Vorhersagen durch den Versuch glänzend bewährt.

Die Erweiterung dieser Theorie auf die komplizierteren Teilungen bedient sich der von Lorentz vorgeschlagenen Koppelungen gleicher Elektronen. Sie verfügt aber nicht durch Annahme der Isotropie über die Polarisationszustände der Komponenten von vornherein, sondern sie betrachtet die Komponenten als voneinander unabhängig, setzt also zugleich voraus, daß sich die Moleküle im Felde nach bestimmter Richtung einstellen. Spezielle Anwendung auf 2, 3 und 4 Elektronen bleibt in guter Übereinstimmung mit der Erfahrung.

Die höchst überraschenden Beobachtungen J. Becquerels über den Zeeman-Effekt des Absorptionsspektrums einachsiger pleochroitischer Kristalle natürlicher Phosphate und Fluoride seltener Erden werden durch die Annahme von Koppelungen verschieden schnell schwingender Elektronen gedeutet und damit die Annahme positiver Elektronen des bei negativen gültigen Verhältnisses der Ladung zur Masse vermieden.

Für das magnetooptische Kerr-Phänomen bildet die Grundlage die Ansicht, daß der Spiegel durch die Magnetisierung anisotrop wird, und daß er infolgedessen das Licht in zwei elliptisch polarisierte Komponenten zerlegt.

Das elektrooptische Kerr-Phänomen endlich macht die Annahme nötig, daß in sehr starken Feldern die auf die Elektronen wirkenden Kräfte nicht mehr linearen Charakter haben, sondern höhere Potenzen enthalten.

Der überaus reiche Inhalt des Buches ist nun nicht etwa so zu verstehen, als ob er eine abschließende Darstellung des Gebietes sein will. Vielmehr macht Voigt an den verschiedensten Stellen auf offene Fragen aufmerksam, erwägt die Möglichkeiten für weiteres Vordringen und weist besonders auf die Stellen hin, wo die experimentellen Hilfsmittel zurzeit noch im Stich lassen. *W. Vn.*

Wissen und Können. Sammlung von Einzelschriften aus reiner und angewandter Wissenschaft, herausgegeben von Prof. Dr. B. Weinstein. Leipzig, J. A. Barth. — Band 2: Die älteste Entwickelung der Telegraphie und Telephonie. Von Dr. Rich. Hennig. VIII u. 199 S., 61 Abb. Geb. M 4,—. — Band 4: Die Radiotelegraphie. Gemeinverständlich dargestellt von Ingenieur O. Nairz. VIII u. 271 S., 154 Abb. Geb. M 5,—. — Band 5: Die Automobiltechnik. Von Ingenieur Max Buch. VI u. 143 S., 150 Abb. Geb. M 4,—. — Band 6: Elemente und Akkumulatoren, ihre Theorie und Technik. Von Dr. W. Bein. VI u. 233 S, 98 Abb. Geb. M 4,40.

Band 2 behandelt dankenswerterweise interessante Gegenstände, welche wegen der Zerstreutheit und Schwerzugänglichkeit der betr. Literatur nur wenig bekannt sind. Der Inhalt gliedert sich in 6 Kapitel: optische und akustische Telegraphen, magnetisch-sympathische Phantasietelegraphen, Anfänge der elektrischen Telegraphen, Anfänge der Seekabel, Phantasietelephone, Anfänge der elektrischen Telephone. Fast überall sind die Originalstellen im Wortlaut bzw. der Übersetzung angeführt, ebenso sind die Abbildungen Wiedergaben der Originale, so daß das Buch im ganzen als eine verdienstliche Arbeit zu bezeichnen ist. Bedauerlicherweise findet sich aber auch hier die schon anderwärts („Prometheus“ **19**, 684, 1908) widerlegte falsche Legende von der angeblichen Priorität der Entdeckung des Elektromagnetismus durch Romagnosi. Bezüglich der Behauptung des Verf., daß die Sprachübertragung für Reis nur eine nebensächliche, quasi ungewollte Leistung seines Telephons sei, ist auf einen eigenen Brief des Erfinders von 1863 (Faksimile in v. Urbanitzky: „Die Elektrizität im Dienste der Menschheit“, Hartleben 1883, S. 882) hinzuweisen. Die Abbildungen sind meist gut, nur lassen die Autotypien fast alle (Abb. 21, 44, 48, 54) an Deutlichkeit zu wünschen übrig; Abb. 16 scheint unvollständig.

Band 4 ist für gebildete Laien bestimmt, für „alle, die sich über Wesen, Betriebseigentümlichkeiten und Aussichten der Radiotelegraphie ohne langes Studium orientieren wollen“. Der Inhalt zerfällt in 28 Kapitel; die Darstellung, im allgemeinen klar und verständlich, behandelt unter möglichst geringer Benutzung mathematischer Hilfsmittel das ganze Gebiet einschließlich der physikalischen Grundlagen recht vollständig, so daß ein in sich abgeschlossenes Handbuch entstanden ist. Die Illustrierung ist zweckentsprechend, nur sind die Autotypien meist nicht recht klar und scharf. Im einzelnen ist zu bemerken, daß bei den ungedämpften Schwingungen doch die Arbeiten von Simon und E. Ruhmer hätten erwähnt werden müssen, zumal der jetzt im Gebrauch befindliche Poulsengenerator auf den Ruhmerschen Patenten beruht. Schließlich sei noch der Wunsch ausgedrückt, daß die Bezeichnungen „Induktanz“, „Kondensanz“ und andere „-anzen“ endlich einmal aus unseren Büchern verschwinden möchten. Leider fehlt Namen- und Sachregister.

Band 5 soll „in für jeden klarer und leicht faßlicher Form alles Wissenswerte aus dem Bereiche der Automobilindustrie bringen“ und beschäftigt sich infolgedessen nur mit sog. Luxusautomobilen, d. h. solchen für den privaten Personenverkehr. Der Inhalt zerfällt in 3 Teile: Konstruktionsprinzipien und Typen (1÷98), Behandlung der Automobile und das Fahren (99÷105), ausgeführte Konstruktionen (106÷153). Das Buch ist recht klar und geschickt geschrieben und gibt ein gutes Bild des Gegenstandes: die Illustrierung ist sehr reichlich, dabei im allgemeinen gut und zweckmäßig. Leider fehlt auch hier ein Register. Es sei noch auf einige sprachliche Unebenheiten aufmerksam gemacht. Es heißt Hochspannungszündung (S. 41), **die** Dynamo-(maschine), man sagt ferner nicht „die elektrische Kontrolle“ (S. 95, 96) oder „der Kontrolleur“ (S. 98), sondern Fahrschalter. Endlich schreibt man Calciumcarbid.

Band 6 soll „Laien und Technikern eine knappe Belehrung über Wirkungsweise, Zusammensetzung und Gebrauch der Elemente und Akkumulatoren geben“ und zerfällt in einen theoretischen (S. 1÷93) und einen praktischen Teil (S. 94÷233). Der Verf. weiß augenscheinlich auf dem Gebiete vortrefflich Bescheid und hat die bezügl. Literatur in ausgiebigster Weise benutzt; infolgedessen ist das Buch überreich an Tabellen und Zahlenangaben, während der gerade mit Rücksicht auf die Bestimmung des Buches äußerst wichtige Text etwas zu knapp geraten ist. Das eben wegen seiner Reichhaltigkeit an konkreten Angaben recht brauchbare Werk ist dadurch nicht so leicht lesbar als zu wünschen wäre. *Biegon v. Czudnochowski.*

Sammlung elektrotechnischer Lehrhefte. Herausgegeben von Fritz Hoppe. Leipzig, J. A. Barth, 1908. Heft 1: Grundgesetze der allgemeinen Elektrizitätslehre. Von F. Hoppe. VI u. 114 S.,



118 Abb. Geb. M 4,—. — Heft 3: Prinzip und Wirkungsweise der technischen Meßinstrumente für Gleichstrom. Von F. Hoppe. VI u. 64 S., 81 Abb. Geb. M 2,70. — Heft 6: Widerstandsbestimmungen mit Berücksichtigung der Widerstandsmessungen an Maschinen und Apparaten, der Isolationsmessungen sowie der Temperaturbestimmungen durch Widerstandsmessungen. Von F. Hoppe. VIII u. 101 S., 120 Abb. Geb. M 4,—.

Diese auf 10 Hefte berechnete Sammlung bietet eine elementare Elektrotechnik in Einzeldarstellungen; sie ist vom rein praktischen Standpunkt aus abgefaßt und will unter Verzichtleistung auf höhere Mathematik und soweit möglich auch auf theoretische Erörterungen in bestimmtem Lehrgange in die Prinzipien und Wirkungen der elektrischen Erscheinungen einführen. Dem entspricht, nach den vorliegenden 3 Heften zu urteilen, die Darstellung, und das Ganze dürfte daher manchem willkommen sein; auch ist der Verteilung des Stoffes auf die einzelnen, übrigens einzeln käuflichen Hefte, wie dieselbe dem Prospekt nach beabsichtigt ist, nur beizustimmen. Die Ausstattung ist gut, die Illustrierung reichlich und zweckmäßig, nur sind die meisten der fast durchweg einfachen Abbildungen viel zu groß. Der Preis erscheint für ein solches doch für weite Kreise bestimmtes Lehr- und Unterrichtswerk, nach dem Bisherigen schätzungsweise etwa 35 Mark bei ca. 930 Seiten Umfang, reichlich hoch bemessen. *B. v. Cz.*

Photochemie. Von Dr. G. Kümmell. II und 103 S., 23 Abb. im Text. (Aus Natur und Geisteswelt, Bd. 227.) Geh. M 1,—; geb. M 1,25.

Die kleine Schrift ist aus Vorlesungen des Verf. an der Universität Rostock entstanden und gibt unter besonderer Berücksichtigung der in Frage kommenden Begriffe und Gesetze der physikalischen Chemie ein trotz der räumlichen Beschränkung recht gutes Bild des so ausgedehnten Gebietes. Der Inhalt zerfällt in 7 Kapitel: Geschichtliche Entwickelung, die Wirksamkeit des Lichtes, die wichtigsten photochemischen Reaktionen, die chemische Wirkung der Spektralfarben, chemische Umwandlungen als Quelle von Lichterscheinungen, Theorie der photographischen Bilderzeugung, Photographie in natürlichen Farben. Unzutreffend ist die Behauptung, daß die Lumièreschen Autochromien eine „ausgezeichnete Farbenwiedergabe“ zeigen; in Wirklichkeit ist die Farbenwiedergabe sogar zum Teil sehr falsch, wie eingehende bezügliche Untersuchungen gezeigt haben. *B. v. Cz.*

Physikalische Chemie als Grundlage der analytischen Chemie. Von Privatdozent Dr. W. Herz, Breslau. Mit 13 Abb. III. Band des Sammelwerkes „Die chemische Analyse“, herausgegeben von Dr. B. M. Margosches an der Technischen Hochschule in Brünn. Stuttgart, F. Enke, 1907. 114 S. M 3,40.

Das Buch gibt einen kurzgefaßten Überblick der physikalischen Chemie mit dem besonderen Zwecke, hierdurch zur wissenschaftlichen Auffassung der chemischen Analyse hinzuleiten. Diesem Zwecke erscheint die Schrift sehr gut angepaßt. Aber auch der diesem Ziele Fernerstehende wird durch die gegebene Darstellung einen guten Einblick in das Arbeitsgebiet und die Forschungsergebnisse der heutigen physikalischen Chemie gewinnen. Den Physiker wird beispielsweise die eigenartige Charakteristik der Aggregatzustände interessieren, wonach unterschieden werden: I. Isotrope Zustände a) ohne Oberflächenentwicklung: Gase, b) mit Oberflächenentwicklung α) mit geringer innerer Reibung: tropfbare Flüssigkeiten, β) mit großer innerer Reibung: amorphe feste Stoffe; II. Anisotrope Zustände: Kristalle. Bemerkenswert ist auch die wiederholte Berücksichtigung der kolloidalen Substanzen, deren Bedeutung neuerdings immer mehr in den Vordergrund tritt, und deren weitere Erforschung besonders hinsichtlich der Physiologie Aufklärungen verspricht. Eine angenehme Beigabe bilden die Literaturangaben, in denen besonders die in den Zeitschriften verstreuten Originalarbeiten, auch die älteren, berücksichtigt sind. Bei dem van 't Hoffschen Lösungsgesetze wären die beiden gegebenen Fassungen in der Reihenfolge besser vertauscht, damit der Satz ohne hypothetischen Bestandteil voransteht. Die Schrift ist als Einführung in das Gebiet angelegentlich zu empfehlen. *O.*

Chemiker-Kalender 1909. Ein Hilfsbuch für Chemiker, Physiker, Mineralogen, Industrielle, Pharmazeuten, Hüttenmänner usw. Von Dr. Rudolf Biedermann. In 2 Teilen. 30. Jahrgang. I. Teil 384 S. II. Teil 562 S. Zus. M 4,—. Berlin, Julius Springer, 1909.

Der I. Teil bietet nach einem Übersichts- und Schreibkalender nebst chronologischer Tafel sehr vollständige Tabellen für den Gebrauch des Chemikers im Laboratorium, der zweite Teil Tabellen aus der Physik und physikalischen Chemie, aus der Mineralogie und für technisch-chemische Untersuchungen. Bei seinem reichen Inhalt kann das Werkchen

auch dem Lehrer der Chemie wie der Physik als bequemes Nachschlagebuch empfohlen werden. *O.*

Monatshefte für den naturwissenschaftlichen Unterricht aller Schulgattungen. Herausgegeben von B. Landsberg in Königsberg i. Pr. und B. Schmid in Zwickau i. S. I. Band. Leipzig u. Berlin, B. G. Teubner, 1908. 568 S. M 6,—.

Die Monatshefte sind die unmittelbare Fortsetzung der Zeitschrift „Natur und Schule“, — die Ziele und auch die Wege zu ihrer Erreichung sind dieselben geblieben, so daß wir das günstige Urteil, das in dieser Ztschr. (*16*, 186) über den ersten Jahrgang von „Natur und Schule“ gefällt wurde, nur wiederholen können. Die reiche Fülle der Aufsätze behandelt nicht nur die spezielleren Fragen der einzelnen Disziplinen des naturwissenschaftlichen Unterrichts, sondern auch die großen Tagesfragen, die sich auf die Wertschätzung und die größere Ausbreitung dieses Unterrichts im allgemeinen beziehen. Es werden namentlich in dankenswerter Weise die Fortschritte des gesamten naturwissenschaftlichen Unterrichts in den einzelnen deutschen Staaten eingehend behandelt.

Wenn der vorliegende Jahrgang auch auf anorganischem Gebiet verschiedene wertvolle Arbeiten bringt, so liegen doch die wichtigsten Aufgaben der Zeitschrift auf dem organischen. Und wir glauben, daß sie ihrer Hauptaufgabe, ein führendes Organ in dem Kampfe für eine würdige Stellung des biologischen Unterrichts zu sein, immer mehr gerecht werden wird, wenn sie das Schwergewicht ihrer Bestrebungen auch fernerhin auf jene Aufgaben konzentriert. *O.*

Ratgeber für Anfänger im Photographieren. Von Major L. David. 124. bis 132. Tausend. 236 S. Halle, W. Knapp, 1908. M 1,50.

Rezepte und Tabellen für Photographie und Reproduktionstechnik. Von J. M. Eder. 7. Aufl. 233 S. Halle, W. Knapp, 1908. M 3,—.

Beide Bücher sind bereits so gut eingeführt, das es genügt, auf die neuen Auflagen hinzuweisen. Erwähnt sei nur, daß das zweite Buch in der neuen Ausgabe mehrfach umgearbeitet und infolgedessen auch erweitert worden ist. *O.*

Programm-Abhandlungen.

Zur experimentellen Bestätigung des Grundgesetzes der Dynamik. Von Prof. Dr. O. Trojf. Altstädt. Gymnasium, Königsberg i. Pr. Ostern 1908. Pr.-Nr. 8. 30 S.

Untersuchungen von der Art, wie der Verf. sie hier veröffentlicht, gehören zu den dankenswertesten und für den Unterricht förderlichsten. Es handelt sich um das Grundgesetz „Kraft gleich Masse mal Beschleunigung“ und dessen experimentelle Bestätigung oder vielmehr Herleitung. Der Verfasser vergleicht die hierfür gebräuchlichsten Methoden in bezug auf die Fehlerquellen und die Genauigkeit der Resultate; der Reihe nach behandelt er die Atwoodsche Fallmaschine, die Höflersche Schienenbahn und das von Pfaundler (Lehrbuch I) beschriebene, von Wiechert modifizierte Verfahren mit Anwendung gespannter Federn. Die genauesten Ergebnisse bei leichtester Handhabung bietet die Fallmaschine, aber auch die Schienenbahn, die methodisch entschieden Vorzüge vor der Fallmaschine hat, scheint einer weiteren Vervollkommnung fähig, worüber der Verfasser demnächst in dieser Zeitschrift berichten will. Er weist am Schlusse der inhaltreichen Abhandlung mit Recht darauf hin, daß es wünschenswert für die Lehramtskandidaten sei, im Hochschulpraktikum nicht so überwiegend mit der Messung von Materialkonstanten, sondern auch mit der Bestimmung von Apparatkonstanten und deren Verwertung bei der Demonstration der Naturgesetze beschäftigt zu werden. *P.*

Versammlungen und Vereine.

Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts in Berlin.

Sitzung am 17. Januar 1908. Herr Bahrdt zeigte ein Deklinatorium und ein Inklinatorium, mit dem die magnetischen Erdkonstanten bestimmt werden können, ferner einen Apparat zur Demonstration des Biot-Savartschen Gesetzes. Er demonstrierte die Einwirkung des Erdmagnetismus auf einen rechteckigen Stromleiter und ein stromdurchflossenes Solenoid. Er zeigte eine Methode zur Messung des Ausdehnungskoeffizienten von Gasen und demonstrierte einen Apparat zum experimentellen Nachweis des Gay-Lussacschen Gesetzes. Er gab eine Bestimmung von Verbrennungswärmen fester, flüssiger und gasförmiger Körper.

Sitzung am 14. Februar 1908. Herr Poske zeigte einen von Ruoß angegebenen einfachen Apparat zur Bestimmung von Brechungsexponenten undurchsichtiger Körper vermittelst totaler Reflexion. Herr Heyne beschrieb eine Methode zur Bestimmung des inneren Widerstandes eines Meßinstrumentes (Voltmeters).

Sitzung am 3. April 1908. Herr Heyne gab eine Beschreibung der neuen Wommelsdorfschen Maschinen und hob ihre Vorzüge vor den gewöhnlichen Influenzmaschinen hervor. — Herr Volkmann besprach die Verwendung des mit einem Kondensator der Grison-Gesellschaft verbundenen Induktoriums zur Herstellung von Röntgenbildern. — Derselbe legte einen für die landwirtschaftliche Hochschule hergestellten selbstinduktionsfreien Widerstand vor und zeigte Ventile von Bleckmann und Burger zur Herstellung von Manometern und Barometern. — Herr Heyne entwickelte ein aus dem Ohmschen Widerstand sich ergebendes Problem.

Sitzung am 14. Mai 1908. Herr A. Wehrsen demonstrierte in seinem Laboratorium (Schlesischestr. 31) die von ihm konstruierte Starkstrommaschine „Mercedes“.

Sitzung am 2. Juni 1908. Die Herren Herzberger und v. Ferber, Vertreter der Autoteilgesellschaft, demonstrierten eine bei ihnen gebaute Wechselstrommaschine nebst Transformator; sie zeigten mit derselben das Vorhandensein des Wechselstromes, die Verwandlung in hochgespannten Strom und die Fernleitung. — Herr Heyne sprach über die Beschränkung des Stoffes im physikalischen Unterricht zum Zwecke besserer Schulung im physikalischen Denken. Daran schloß sich eine eingehende Diskussion, in deren Verlaufe besonders der Begriff des physikalischen Denkens und die Bedeutung der Unterrichtsmethode näher erörtert wurden.

Sitzung am 11. September 1908. Herr Rehländer zeigte eine Eigentümlichkeit bei einer durchgebrannten Glühlampe. — Herr Volkmann demonstrierte den Tyndallschen Versuch der Höhenänderung der menschlichen Stimme, wenn die Lunge mit Wasserstoff gefüllt wird. — Herr Heyne sprach über ein Problem aus der Mechanik.

Sitzung am 16. Oktober 1908. Herr Volkmann demonstrierte objektive Linienspektra von Quecksilber und Silber. Er zeigte einen Brenner mit Sprühgebläse zur Herstellung farbiger Flammen und gab eine Beschreibung des ultramikroskopischen Spiegelkondensors von C. Reichert in Wien. — Derselbe zeigte die Einrichtungen des neuen Auditoriums und die Arbeitsräume des neuen physikalischen Instituts der landwirtschaftlichen Hochschule. Im elektrischen Zimmer demonstrierte er die Wirkung von Aluminiumkondensatoren bei Induktions- und Röntgenversuchen sowie Resonanzerscheinungen.

Sitzung am 13. November 1908. Herr Heyne berichtete über die während der Herbstferien von der Stadt Berlin veranlaßte wissenschaftliche Studienreise nach Sachsen und Thüringen sowie über die Besichtigung der Ketziner Zuckerfabrik. *Schk.*

Mitteilungen aus Werkstätten.

Ein Drehspul-Reflexgalvanometer für Vorlesungszwecke.

Von Carl Schürer in Chemnitz.

Mitteilungen aus den Werkstätten der Firma Max Kohl A. G. in Chemnitz.

Die zur Genüge bekannten Vorteile des Galvanometers von Deprez und D'Arsonval lassen es auch als Vorlesungsgalvanometer hervorragend geeignet erscheinen. Es fehlte aber noch an einem Instrument, das allen für diesen Zweck zu stellenden Anforderungen vollkommen entspricht. Diese sind:

1. Einfachheit und vollkommene Übersichtlichkeit des Aufbaues; 2. Hohe Empfindlichkeit bei nicht schwieriger Behandlung; 3. Verschiedene Widerstände der Drehspule, um das Galvanometer für alle Zwecke benützen zu können, ohne daß dasselbe berührt zu werden braucht; 4. Leichte Veränderung der Schwingungsdauer zur Verwendung als ballistisches Galvanometer; 5. Bequeme Aufstellung und Einstellung als Reflexgalvanometer für objektive Ablesung; 6. Mäßiger Preis.

Unter Berücksichtigung aller dieser Gesichtspunkte wurde das in Figur 1 abgebildete Galvanometer konstruiert. Ein massiger permanenter Stahlmagnet, dessen geschlossene, einem zweipoligen Dynamomaschinengestell nicht unähnliche Form ein sehr kräftiges und gut konstantes Feld verbürgt, trägt zwischen seinen zylindrisch ausgebohrten Polschuhen einen Kern aus weichem Eisen. In dem so erhaltenen starken Magnet-

felde schwingt die Drehspule, die aus zwei Windungsgruppen mit verschiedener Drahtstärke besteht. Die Seitenflächen des Magneten sind durch Glasplatten verschlossen, so daß alle Teile gut sichtbar sind. Die Zuführung des Stromes zur Drehspule erfolgt einesteils von oben durch das aus feinem Phosphorbronzedraht gewalzte Aufhängeband, welches gleichzeitig die Richtkraft gibt, andernteils von unten durch zwei Kupferbandspiralen. Durch eine geeignete Anordnung wird dabei jede schädliche Rückwirkung der unteren Zuleitungsspiralen auf die Richtkraft des Aufhängebandes vermieden. Mit der Drehspule fest verbunden, ist unter dem Spiegel ein doppelter Löffel aus Aluminium angebracht,

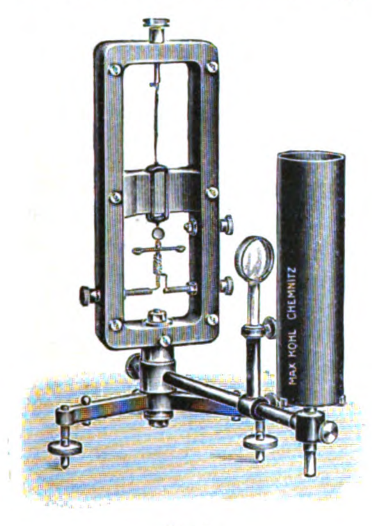


Fig. 1.

in welchen man zwei Kupferkugeln zur Erhöhung des Trägheitsmomentes für ballistische Zwecke einlegen kann. Während der Nichtbenützung können diese Kugeln auf dem Dreifuß des Galvanometers befestigt werden.

Mit dem Dreifuß des Instrumentes ist drehbar ein Arm verbunden, auf welchem sich eine Linse und eine Glühlampe mit einem Faden befindet. Für Gleichstrom über 150 Volt empfiehlt sich mehr noch eine Nernstlampe. Selbstverständlich kann das Galvanometer auch leicht mit Fernrohrablesung benützt werden.

Trotzdem für die Aufhängung der Drehspule ein verhältnismäßig starkes Phosphorbronzeband gewählt wurde, damit dasselbe auch einer rauheren Behandlung gewachsen ist, ist die Empfindlichkeit sehr hoch und für alle Schulzwecke mehr als ausreichend. Das Aufhängeband kann übrigens leicht ausgewechselt werden.

Durch die zwei verschiedenen Windungsgruppen auf der Drehspule ergibt sich eine sehr mannigfaltige Verwendungsmöglichkeit und eine bequeme Regulierung der Dämpfung.

Das Galvanometer findet für Vorlesungszwecke seine Aufstellung am besten auf einem Konsol, welches an der den Sitzplätzen gegenüberliegenden Wand angebracht wird, so daß die Schüler das Instrument stets sehen können. In etwa 3 m Entfernung vom Galvanometer wird an der Decke eine transparente Mattglasskala aufgehängt. Bei dieser Anordnung können die Zuhörer den Vorgang auf dem Experimentiertisch und den Lichtzeiger leicht gleichzeitig beobachten. Auch der Lehrer sieht denselben gut.

Von den 3 Klemmen des Galvanometers führt man eine gut isolierte Leitung zu einem Klemmbrett, das in handlicher Höhe an der Wand in der Nähe des Experimentiertisches befestigt wird. Darunter wird auch der kleine Ausschalter für die Glühlampe oder Nernstlampe des Galvanometers angebracht.

Wie allgemein bekannt, ist die Empfindlichkeit dieser Instrumente direkt proportional der Windungsfläche und der Feldstärke und umgekehrt proportional der Richtkraft des Aufhängebandes. Durch starkes Magnetfeld und dünnes Aufhängeband kann die Empfindlichkeit sehr stark gesteigert werden.

Jedoch wächst mit der Empfindlichkeit auch die Dämpfung, wodurch der Erhöhung der Empfindlichkeit eine Grenze gesetzt wird. Die Größe der Dämpfung ist außer von der Feldstärke auch in höchstem Maße abhängig von dem Widerstand im Galvanometerstromkreis. Dieser setzt sich zusammen aus der Drehspule, dem Aufhängeband, der unteren Stromzuleitung und dem äußeren Widerstand. Ist der letztere zu klein, so wird die Dämpfung zu groß, es tritt das sogenannte Kriechen ein. Man erhält nach den Untersuchungen von Jäger (Z. f. Instr. 1903, S. 261 u. S. 353) bei jedem Drehspulgalvanometer, auch für ballistische Zwecke, die höchste verwendbare „Voltempfindlichkeit“ bei Einstellung der Dämpfung auf den aperiodischen Grenzfall, d. h. wenn bei einem größeren Ausschlag der Lichtzeiger eben noch umkehrt und sich dann sofort ruhig einstellt. Außerdem ist natürlich hier die Einstellung unter allen Umständen die rascheste.

Auf die „Voltempfindlichkeit“, also die Empfindlichkeit für die Messung von Spannungsdifferenzen, und nicht auf die „Stromempfindlichkeit“ kommt es für fast alle Verwendungsmöglichkeiten an; denn

fast überall wird das Galvanometer das brauchbarste sein, das bei Anlegung an eine geringe Spannungsdifferenz den größten Ausschlag gibt. Die Voltempfindlichkeit wird um so größer, je kleiner der Gesamtwiderstand im Galvanometerstromkreis ist; deshalb wird er so klein als möglich, d. h. dem aperiodischen Grenzzustand entsprechend, gewählt. Angaben über hohe Stromempfindlichkeit ohne Nennung des Spulenwiderstandes und des im aperiodischen Grenzfall zulässigen kleinsten Widerstandes können daher sehr irreführend über die Brauchbarkeit eines Spulengalvanometers sein. Die günstigste Einstellung ist in jedem Fall leicht zu erhalten. Ein einziger Schieberwiderstand, regulierbar ungefähr von 0—1000 Ohm, der wohlfeil und auch zu anderen Zwecken vielfach brauchbar ist, genügt dazu für alle Schulzwecke.

Man hat nur zwei Fälle zu unterscheiden: a) Der äußere Stromkreis hat geringen Widerstand (Brückenmessungen, Thermoversuche, Induktionsversuche usw.). b) Der äußere Stromkreis hat hohen Widerstand (Messungen mit Kondensatoren, Isolationsmessungen usw.).

Im Falle a) benützt man zunächst diejenige der beiden Windungsgruppen, welche in ihrem Widerstand am passendsten zu dem äußeren Widerstand ist. Der Schieberwiderstand wird nach Fig. 2 in den äußeren Kreis eingeschaltet und die Dämpfung durch den Schieberwiderstand auf den aperiodischen Grenzfall reguliert. Die zu messende Spannungsdifferenz wird an die Punkte E gelegt. Nötigenfalls sind für ballistische Zwecke die Kugeln einzulegen.

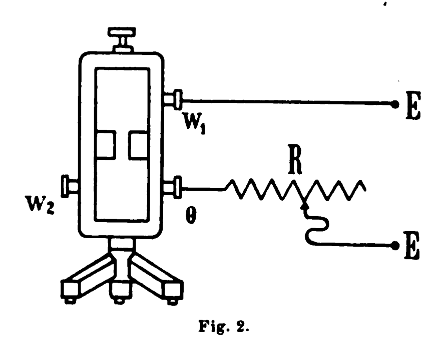


Fig. 2.

Im Falle b), wo die Dämpfung der zur Messung dienenden dünndrähtigen Widerstandsgruppe zu gering sein würde, wird die zweite, dickdrähtige Gruppe zur Dämpfung benützt (Fig. 3) und mit dem Schieberwiderstand wieder der aperiodische Grenzzustand eingestellt.

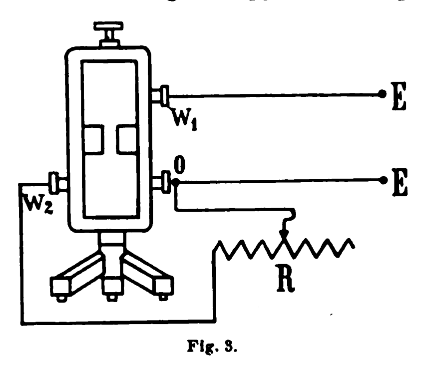


Fig. 3.

Muß die Empfindlichkeit des Galvanometers herabgesetzt werden, so wählt man in beiden Fällen die Schaltung nach Fig. 2 und schaltet den Anschlußstellen E noch einen abstufbaren Nebenschlußwiderstand parallel.

Mit einem derartigen Galvanometer wurden folgende Resultate erhalten:

Widerstand der dicken Windungen (an den Klemmen gemessen) 11,4 Ohm.

Widerstand der dünnen Windungen (an den Klemmen gemessen) 99,5 Ohm.

Schwingungsdauer der vollen Periode ohne Gewichte: 9 Sekunden, mit Gewichten: 17 Sekunden.

1 Mikroampere (10^{-6} Amp.) gab bei 1000 mm Skalenabstand einen Ausschlag von 19,2 mm bei 11,4 Ohm, 55,2 mm bei 99,6 Ohm Spulenwiderstand.

1 Mikrovolt (10^{-6} Volt) gab bei 1000 mm Skalenabstand einen Ausschlag von 1,7 mm bei 11,5 Ohm, 0,55 mm bei 99,6 Ohm Spulenwiderstand.

Der aperiodische Grenzwiderstand betrug für 11,5 Ohm Spulenwiderstand: 25 Ohm (einschl. der Spule), bei 99,6 Ohm Spulenwiderstand: 270 Ohm (einschl. der Spule).

Der Preis des Galvanometers beträgt M 165,— einschließlich der Glühlampe. Die Anordnung ist durch D.R.G.M. geschützt.

Korrespondenz.

Von fachmännischer Seite erhalten wir auf unsere Bitte die nachstehenden **erdmagnetischen Elemente** für die Epoche **1909,0**. Die Daten für die Deklination können als charakteristisch für den Gesamtverlauf der Isogonen gelten, obwohl sie nur auf 0,2—0,3° sicher sind; überdies können die lokalen Unregelmäßigkeiten im einzelnen Abweichungen von

1° und selbst mehr bewirken. Für **Inklination und Horizontalintensität** fehlen nennenswerte neuere Messungen so gut wie ganz, auch die Säkularvariation war gerade in den letzten Jahren sehr unregelmäßig. Die folgenden Daten für I und H sind dieselben wie die für 1905 in den Tabellen von LANDOLT-BÖRNSTEIN veröffentlichten und sehr nahe richtig, da I inzwischen ein Minimum, H ein Maximum gehabt hat.

Erdmagnetische Elemente in Mitteleuropa (für die Epoche 1909,0).

Westliche Deklination:

Länge	0°	5°	10°	15°	20°	25°
55° n. Br.	16,5°	13,8°	11,0°	8,1°	5,3°	2,6°
50° n. Br.	15,5	13,1	10,7	8,1	5,7	3,4
45° n. Br.	14,6	12,5	10,4	8,2	6,2	4,0

Inklination:

ö. Länge	0°	5°	10°	15°	20°	25°
55° n. Br.	69,2°	68,8°	68,4°	68,1°	67,6°	67,3°
50° n. Br.	65,9	65,3	64,9	64,4	63,9	63,6
45° n. Br.	62,2	61,5	61,0	60,3	59,8	59,3

Horizontalintensität:

ö. Länge	0°	5°	10°	15°	20°	25°
55° n. Br.	0,171	0,174	0,177	0,179	0,181	0,185
50° n. Br.	191	194	197	200	204	209
45° n Br.	212	216	220	223	227	232

In **Berlin** gelten für 1909,0 im Mittel die folgenden Werte:

Westliche Deklination . . 9° 5′
Inklination . . . . . . 66° 22′
Horizontalintensität . . . 0,1882.

Herr Realschuldirektor Dr. F. DANNEMANN sandte der Redaktion die folgenden Bemerkungen zu der Kritik seines Lehrbuches in d. Ztschr. 21, S. 404:

Herr Prof. OHMANN hat im 6. Hefte des vorigen Jahrganges ds. Zeitschr. (S. 404 u. f.) mein Buch „Über den naturwissenschaftlichen Unterricht" und meine „Naturlehre auf Schülerübungen gegründet" einer Kritik unterzogen, gegen die ich Einspruch erheben muß. In der Hauptsache kann man, wie Herr O. selbst an mehreren Stellen zugibt, wo es sich um methodische Dinge handelt, verschiedener Ansicht sein. Von den kleinen Ausstellungen gilt dies meiner Ansicht nach nicht weniger. Ich kann hier nicht auf alles eingehen. Nur einiges zur Charakteristik. So wird mir unterstellt, ich hätte die Zerlegung des Wassers mit Hilfe des galvanischen Stromes als **ersten** Beweis gegen die elementare Natur des Wassers hingestellt. Es wird S. 12 u. 13 meiner Naturlehre I nur gesagt, der Versuch und nicht die Spekulation hat die richtige Analyse des Wassers geliefert.

Mit großer Schärfe wendet sich Herr O. dann gegen die Auffassung, man könne die Natl. I, S. 13 beschriebene Elektrolyse als eine Zersetzung des Wassers deuten. Die dort gegebene Darstellung widerspricht dem tatsächlichen Verlauf der Erscheinung in keiner Weise. Übrigens besteht seit längerer Zeit doch wieder die Auffassung, daß eine direkte Zerlegung des Wassers stattfindet, ohne daß eine Zersetzung der Schwefelsäure primär derjenigen des Wassers vorausgeht. Danach würde also die Elektrolyse des Wassers keine sekundäre Reaktion sein. Besonders seitdem Le Blanc infolge seiner Untersuchungen über die Polarisation den Begriff der Haftintensitäten eingeführt hat, ist manches von dem von Herrn O. angezogenen „modernen Anschauungskomplex" wieder aufgegeben worden. Man macht heute einen scharfen Unterschied zwischen Leitung des Stromes und Zersetzung an den Elektroden. Die Ionen der dem Wasser zugesetzten Säuren oder Basen nehmen nicht immer an der Zersetzung direkten Anteil, sie erhöhen häufig nur die Leitfähigkeit, und an den Elektroden findet eine Entladung derjenigen Ionen statt, die unter den gegebenen Bedingungen den geringsten Energieaufwand hierzu benötigen. In unserem Falle sind dies Wasserstoff- und Hydroxylion, die also zur Abscheidung gelangen. Man wäre also heute wieder berechtigt, die primäre Wasserzersetzung anzunehmen. Dies Beispiel beweist wohl, daß wir uns beim Anfangsunterricht am besten an die Tatsachen halten und uns nicht zu ängstlich um die wandelbaren wissenschaftlichen Theorien kümmern sollten.

Herr O. belehrt mich ferner, daß, „wenn man Salzsäure nimmt, gar keine Wasserzersetzung stattfindet". Das ist nicht richtig. Sie geht nebenher, und bei größerer Verdünnung wird sie bald zur Hauptreaktion. Der Einfluß der Verdünnung auf den Vorgang der Elektrolyse läßt sich experimentell und theoretisch leicht begründen. Wenn man Säuren oder Basen elektrolysiert, und hierbei sich Sauerstoff und Wasserstoff abscheiden, so existiert ein maximaler Zersetzungspunkt,

der rund bei 1,70 Volt liegt. Er ist charakteristisch für jede Elektrolyse, die auf eine Wasserzersetzung hinausläuft. Vergleichen wir nun die Zersetzungspunkte von Salzsäure bei verschiedenen Verdünnungen, so haben wir folgende Werte, die einer Tabelle von Le Blanc entnommen sind: für $^2/_1$ n. H Cl den Zersetzungspunkt 1,26 V., $^1/_2$ n. H Cl 1,34 V., $^1/_6$ n. H Cl 1,41 V., $^1/_{16}$ n. H Cl 1,62 V., $^1/_{32}$ n. H Cl 1,69 V. Bei größeren Verdünnungen zeigt also die Salzsäure die für eine Wasserzersetzung charakteristische Zersetzungsspannung und zerfällt auch tatsächlich fast quantitativ in Wasserstoff und Sauerstoff. Theoretisch läßt sich dies kurz in der Weise interpretieren, daß bei stärkerer Verdünnung der Salzsäure die Konzentration der Hydroxylionen dem Massenwirkungsgesetz entsprechend steigt, und endlich ein Punkt erreicht wird, an dem leichter Sauerstoff als Chlor ausgeschieden wird. —

Was die übrigen Ausstellungen anbetrifft, so bemängelt der Herr Rezensent, daß das Gewicht eines Liters Sauerstoff gleich 1,44 angegeben wird. Ich rechne das Krith, wie es selbst wissenschaftliche Werke tun, zu 0,09 g und das Atomgewicht des Sauerstoffs gleich 16. Das Produkt ist 1,44. Es weicht um etwa $^1/_{100}$ g von der Wahrheit ab. Verlohnt es sich, solche Dinge zu bemängeln? Ist denn die Abweichung von der Wirklichkeit nicht größer, wenn wir in der Physik $g = 10$ m setzen? Auch daß ich Schwefelsäure zu den bekannten Stoffen rechne, von denen der Anfangsunterricht, wie ich empfehle, ausgehen soll, wird mir zum Vorwurf gemacht. Sollte diese Flüssigkeit, die fast jeder Arbeiter und jede Hausfrau kennt, dem Schüler nicht sogar bekannter sein als Schwefelkies?

Von Herrn Ohmanns Buch habe ich bei seinem Erscheinen (1889) nur flüchtig Kenntnis genommen und damals die Abbildung, die sich in meiner Naturlehre I, S. 127 findet, für meinen Unterricht in großem Maßstabe als Tafel herstellen lassen. Der Verleger meines Buches hat das Klischee der betreffenden Abbildung geliehen. Im übrigen habe ich Ohmanns Buch ebensowenig benutzt wie diejenigen von Arendt oder Wilbrand, und auch ein Angriff gegen bestimmte Lehrbücher hat mir fern gelegen.

Der Hauptvorwurf, zu dessen Stütze das offenbar ohne Kenntnis der deutschen Schulverhältnisse und nach ganz oberflächlicher Prüfung meines Buches geschriebene Urteil der englischen Zeitschrift „Nature“ herangezogen wird, betrifft den Umstand, daß meine „Naturlehre“ die Mineralogie und die Geologie und „womöglich noch die Technik“ abgelöst von der Chemie behandelt. Demgegenüber sei betont, daß der mineralogische Teil einerseits auf den chemischen, andererseits auf den geologischen steten Bezug nimmt. Und was „die Technik“ anbelangt, so handelt es sich um vier besonders wichtige Gebiete (Eisen, Tonwaren, Glas, Leuchtgas), die jede realistische Anstalt auch auf der Unterstufe etwas eingehender berücksichtigen wird. Übrigens bleibt es ja dem Lehrer unbenommen, diese Abschnitte bei der Durchnahme in den chemischen Teil an passender Stelle einzuschieben. Will man dagegen jeden dieser Abschnitte durch eine Schülerübung vorbereiten, wie es in meinem Buche geschehen ist, so war die gewählte Art der Darstellung vorzuziehen. Was sonst von technologischen Dingen von Bedeutung ist, wurde in den chemischen und mineralogischen Lehrgang eingeflochten. Auf eine weitere Polemik verzichte ich. *Dr. F. Dannemann.*

Erwiderung.

Herr Dr. Dannemann versucht mir eine Unterstellung nachzuweisen. Ich sage in meinem Bericht (S. 409 a): „Noch weniger befriedigend ist der Lehrgang beim Wasser. Da wird als erster Versuch wieder die leidige Elektrolyse der verd. Schwefelsäure vorgeführt.“ Dies entspricht völlig den Tatsachen, denn die genannte Elektrolyse ist tatsächlich der erste den Schülern vorgeführte Versuch über die Zusammensetzung des Wassers. Wie kann man da von Unterstellung sprechen! Es ist im Gegenteil der ganze Satz der „Bemerkungen“: „So wird mir . . . hingestellt“ eine Verdrehung des von mir Gesagten; denn der Passus „erster Beweis gegen die elementare Natur des Wassers“ findet sich überhaupt nicht in meinem Bericht.

Die nun folgenden Bemerkungen des Herrn D. zur Wasserelektrolyse sind im Anfang logisch ungenau, abgesehen von der Unzulänglichkeit der sachlichen Behauptungen. Meine Worte „modernen Anschauungskomplex“ (S. 409 b, Z. 10) präzisiere ich sogleich drei Zeilen weiter als „die neueren physikalisch-chemischen Anschauungen“, d. h. also doch: die jetzt gültigen, einschließlich der Le Blancschen Ergebnisse. Es ist doch unlogisch, oder willkürlich hineingedeutet, daß ich mit dem Ausdruck „modernen Anschauungskomplex“ nur den Stand der Wissenschaften vor den Le Blancschen Untersuchungen hätte kennzeichnen wollen.

Ich komme nun zu den sachlichen Ausführungen des Herrn D. über die Wasserzersetzung. Hier werden aus den Le Blancschen Untersuchungen über die Haftintensität unrichtige Schlußfolgerungen abgeleitet. Herr D. übersieht offenbar, daß die von ihm angeführten Sätze keine allgemeinere Gültigkeit haben, sonst könnte er nicht aus ihnen den Schluß ziehen: „Man wäre also heute wieder berechtigt, die primäre Wasserzersetzung anzunehmen". Das hat doch nur Sinn, wenn gemeint ist: bei dem Demonstrationsversuch, den wir im Unterricht vorführen, wo wir also Stromstärken anwenden, die uns in kürzerer Zeit genügend demonstrierbare Mengen von H und O liefern. Und da ist der genannte Satz des Herrn D. unrichtig, zumal in Anbetracht der Forschungen Jahns und Nernsts, die über die Le Blancschen Arbeiten hinausreichen. Sehen wir uns einmal näher an, was an der „Wasserzersetzung" bei Anwendung verdünnter Schwefelsäure primär ist. Nur für ganz geringe Stromdichten, noch weit unterhalb ein Tausendstel Amp., vollziehen sich bei einer Klemmenspannung von etwa 1,23 Volt in ganz schwachem Maße Entladungen gemäß dem geringen Ionenzerfall des Wassers in $H^{\cdot}$ $H^{\cdot}$ und O''— wobei noch komplizierte Elektroden, z. B. platiniertes Platin, anzuwenden sind; ebenfalls noch ganz geringfügig bleiben die Wirkungen bei einer Vergrößerung der Spannung bis auf 1,67 Volt, wo eine Art Sprung in der Stromleitung stattfindet, da jetzt die Entladungen gemäß dem Ionenzerfall $H^{\cdot}$ und OH' vor sich gehen. Diese subtilen Erscheinungen sind theoretisch gewiß von Interesse, haben aber für den genannten Demonstrationsversuch im Unterricht gar keine praktische Bedeutung. Denn sobald man die Stromstärke so weit steigert, daß man praktisch brauchbare Abscheidungen erhält — und das tun wir im Unterricht ganz allgemein — so erstreckt sich, oberhalb einer Spannung von 1,9 Volt, die Zersetzung fast ausschließlich auf die Schwefelsäure, und aller Wasserstoff und Sauerstoff, wenigstens zu 99,99999 Proz., entsteht durch sekundäre Prozesse. Kann man es da verantworten, den Schülern zu sagen, sie hätten eine „Wasserzersetzung" vor sich? Vor allem: gehört ein so komplizierter Versuch im elementaren Unterricht an den Anfang der Wasseruntersuchung? — Übrigens stellt der Schlußsatz des Herrn D.: „Dies Beispiel beweist wohl . . . " die Sache geradezu auf den Kopf.

Für die Salzsäure liegen die Verhältnisse ganz ähnlich. Herr D. beanstandet, daß ich sage: „Verwendet man z. B. Salzsäure zum ‚Ansäuern', so vollzieht sich gar keine ‚Wasserzersetzung'." Das Beanstandete trifft jedoch zu, wenn man einerseits die für einen Demonstrationsversuch übliche Stromstärke und Spannung, andererseits die gleiche Konzentration anwendet, wie sie für die Zersetzung der verdünnten Schwefelsäure gewöhnlich empfohlen und benutzt wird (Arendt, Technik, empfiehlt z. B. 1 : 10). So bildet sich z. B. bei einem Strom von nur 0,5 Amp. und ca. 2 Volt Spannung und einem Verhältnis von Salzsäure zum Wasser 1 : 10 so gut wie ausschließlich Chlor. Daß bei sehr stark verdünnter Salzsäure und gleichzeitig so geringen Stromstärken und Spannungen, wie sie für Unterrichtsversuche von keinerlei praktischer Bedeutung sind, kompliziertere, sekundäre Vorgänge eintreten, ist eine bekannte Tatsache. Die auf Le Blanc fußenden Ausführungen des Herrn D. treffen also nicht den Kern der Sache, sie gehören in theoretische Lehrbücher, sind aber ohne Belang für den Schulversuch.

Daß Herr D. die Zahl 1,44 als Litergewicht des Sauerstoffes — das so oft für Berechnungen benutzt werden muß — aufrecht erhalten will, ist unbegreiflich. Bei der Ableitung der unrichtigen Zahl 1,44 ist eben übersehen, daß das Verhältnis 1 : 16 für H:O nicht zulässig ist. Auch heißt es im Buche ausdrücklich: „Die Wägungen haben gezeigt, daß . . . 1 Liter Sauerstoff 1,44 g wiegt" — das ist unter allen Umständen falsch, und derartiges zu „bemängeln", hat die Kritik nicht nur das Recht, sondern auch die Pflicht.

Der „Hauptvorwurf" betrifft nicht den Umstand, daß in der „Naturlehre" Mineralogie, Geologie und Technik gesondert behandelt sind, sondern daß der Verfasser das gegenteilige Verfahren, das durchaus seine Berechtigung hat, mit herabsetzenden Ausdrücken wie „Vermengung" und „Verflachung" belegt. Demgegenüber war es angezeigt, nachzuweisen, bei welchem Verfahren die Gefahr der Verflachung wirklich vorliegt. Ref. kann von seinen diesbezüglichen Behauptungen nichts zurücknehmen. *O. Ohmann.*

Himmelserscheinungen im April und Mai 1909.

☿ Merkur, ♀ Venus, ☉ Sonne, ♂ Mars, ♃ Jupiter, ♄ Saturn, ☾ Mond, 0^h = Mitternacht.

		April						Mai					
		3	8	13	18	23	28	3	8	13	18	23	28
☿	AR	$23^h 47^m$	0.19	0.53	1.30	2. 9	2.50	3.31	4. 9	4.43	5.11	5.32	5.45
	D	-4°	0°	$+4^\circ$	$+8^\circ$	$+13^\circ$	$+17^\circ$	$+21^\circ$	$+23^\circ$	$+25^\circ$	$+25^\circ$	$+25^\circ$	$+24^\circ$
♀	AR	$0^h 26^m$	0.49	1.12	1.35	1.58	2.22	2.46	3.10	3.35	4. 0	4.26	4.52
	D	$+1^\circ$	+4	+6	+9	+11	+13	+15	+17	+19	+20	+22	+23
☉	AR	$0^h 48^m$	1. 6	1.25	1.43	2. 2	2.21	2.40	2.59	3.19	3.38	3.58	4.19
	D	$+5^\circ$	+7	+9	+11	+12	+14	+16	+17	+18	+19	+21	+21
♂	AR	$19^h 52^m$	20. 6	20.20	20.34	20.48	21. 1	21.14	21.28	21.41	21.53	22.6	22.18
	D	-22°	−21	−21	−20	−19	−19	−18	−17	−16	−15	−14	−13
♃	AR		10.31		10.29		10.28		10.28		10.29		10.31
	D		+11		+11		+11		+11		+11		+11
♄	AR	$0^h 52^m$						1. 5					
	D	$+3^\circ$						+5					
☉	Aufg.	$5^h 33^m$	5.22	5.10	4.59	4.48	4.38	4.28	4.19	4.10	4. 3	3.56	3.50
	Unterg.	$18^h 35^m$	18.43	18.52	19. 1	19. 9	19.18	19.27	19.35	19.43	19.51	19.58	20. 5
☾	Aufg.	$15^h 57^m$	21.47	2.19	4.51	6.41	11.25	17.11	23.17	2.14	3.49	6.53	12.39
	Unterg.	$5^h 20^m$	6.32	9.33	16.33	23.40	2.47	4.10	5.49	11.15	18.27	—	1.50
Sternzeit im mittl. Mittg.		$0^h 44^m 33^s$	1. 4 16	1.23.59	1.43.41	2. 3.24	2.23. 7	2.42.50	3. 2 33	3.22.15	3.41.58	4. 1 41	4.21.24
Zeitgl.		$+3^m 30^s$	+ 2. 2	+ 0.40	− 0.34	− 1.37	− 2.30	− 3.10	− 3 37	− 3.49	− 3.47	− 3.30	− 3. 1

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
	April 20, $5^h 51^m$	April 27, $9^h 36^m$	April 5, $21^h 28^m$	April 13, $15^h 30^m$
	Mai 19, $14^h 42^m$	Mai 27, $2^h 28^m$	Mai 5, $13^h 8^m$	Mai 12, $22^h 45^m$

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im April	unsichtbar	unsichtbar, obere Konjunktion am 28.	morgens zuletzt eine Stunde lang im SO sichtbar	bis gegen Morgen sichtbar	unsichtbar. Konjunktion am 3.
im Mai	abends im NW, um die Mitte d. Monats fast 1 Stunde lang sichtbar	wird gegen Ende d. Monats abends im NW sichtbar	wie im April	abends zuletzt noch $3^1/_4$ Std. lang sichtbar	unsichtbar

Phänomene der Jupitertrabanten (M.E.Z.):

		h	m	s	
April	4	23	29	7	II A
	9	20	9	27	I A
	16	22	4	13	I A
	21	22	54	35	III A
	23	23	59	4	I A
April	24	19	15	48	IV E
	24	23	3	51	IV A
	28	23	41	22	III E
	29	20	33	12	II A
Mai	2	20	22	50	I A
	6	23	8	30	II A
	9	22	17	52	I A
	25	20	36	52	I A

Veränderliche Sterne (M.E.Z.):

		h	m	
April	5	19		ζ Gemin.-Min.
	10	19		ζ Gemin.-Max.
	15	23		ζ Gemin.-Min.
	16	20		β Lyrae-Min.
April	19	22		β Lyrae-Max.
	19	22	43	Algol-Min.
	20	23		ζ Gemin.-Max.
	22	19	32	Algol-Min.
April	28			R Lyrae-Min.
Mai	15			R Hydrae-Min.
	20			R Lyrae-Max.

F. Koerber.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.



Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XXII. Jahrgang. Drittes Heft. Mai 1909.

Über die schulmäßige Behandlung des elektromagnetischen Grundgesetzes.

Von
Prof. Dr. **Friedrich C. G. Müller** in Brandenburg a. H.

Der erste Teil des von Laplace in die Formel $dk = dl\,i\,\mu/r^2 . \sin\alpha$ gebrachten elektromagnetischen Grundgesetzes kann nach dem Vorbild der Tangentenbussole leicht bestätigt oder, wenn man will, heuristisch hergeleitet werden. Über eine leicht herzustellende Anordnung derartiger Apparate und eine den Zwecken des Unterrichts angepaßte Ausführung der Versuche habe ich bereits vor längeren Jahren in dies. Zeitschr. 8, 34 Mitteilung gemacht. Später aufgefundene Vereinfachungen sind in meiner „Technik des physikalischen Unterrichts" erwähnt worden[1]), namentlich der Kunstgriff, zwei konzentrische Kreisströme von 40 und 20 cm Durchm., von denen der äußere aber zwei Windungen hat, in entgegengesetzter Richtung von einem Strom durchfließen zu lassen und zu zeigen, daß eine im Mittelpunkt aufgestellte kleine Magnetnadel dabei in Ruhe verharrt. Versuche dieser Art werden durch Anwendung einer Lichtzeigernadel auch für Demonstrationen vorzüglich geeignet. Die Beschreibung eines so eingerichteten Schulapparats ist von mir im vorletzten Heft dieser Zeitschrift veröffentlicht worden, auf die hier verwiesen werden muß.

Für die uns heute beschäftigende Aufgabe ist ein mittels Schlitten parallel zu sich selbst verschiebbarer Kreisleiter von 30 cm bestimmt, außerdem ein konzentrischer Kreisring von 10 cm. Nachdem beide Ringe in die Nadelebene gebracht, leitet man durch den kleinen den Strom einer parallelgeschalteten Akkumulatorenbatterie und bringt mittels des gleichzeitig eingeschalteten Rheostaten den Ausschlag des Lichtzeigers auf 30[2]). Darauf gibt der große Ring mit dem gleichen Strome den Ausschlag 10. Beide hintereinander bringen die Lichtmarke auf 40, beide in Gegenschaltung auf 20. Damit ist das Grundgesetz für den einfachen Fall, daß $\sin\alpha = 1$, binnen zwei Minuten scharf und eindrucksvoll erwiesen.

Die Bestätigung kann noch dadurch vervollständigt werden, daß man den 30 cm-Ring mittels des Schlittens abrückt und die in bestimmten Abständen beobachteten Ausschläge mit der Theorie vergleicht. Diese führt, wenn r der Ringhalbmesser und nr der Abstand, ohne Schwierigkeit zu der Formel

$$k = \frac{5\,\pi\,J}{r} \cdot \frac{1}{\sqrt{(1+n^2)^3}}$$

Für bestimmte einfache Werte des Faktors $c = 1/\sqrt{(1+n^2)^3}$ werden die zugehörigen von n und daraus durch Multiplikation mit dem Ringhalbmesser 15 die Abstände a berechnet und in einer Tabelle zusammengestellt:

[1]) Also vor dem Erscheinen des Sonderheftes II, 2 in den Abhandlungen zur Didaktik und Philosophie der Naturwissenschaft.

[2]) Den Gesamtwiderstand von etwas über 9 Ohm verändern die dickdrähtigen Ringe nur unmerklich.



c	$^1/_2$	$^1/_3$	$^1/_4$	$^1/_5$	$^1/_6$	$^1/_8$	$^1/_{10}$
n	0,766	1,04	1,23	1,39	1,52	1,73	1,91
a	11,5	15,6	18.4	20,8	22,8	26,0	28,8

Eine Versuchsreihe wird nun zweckmäßig in der Weise erledigt, daß man bei Nullstellung des Ringes den Ausschlag des Lichtzeigers mittels des Rheostaten etwa auf 40 bringt und hierauf durch Ringverschiebung auf 20, 13,3, 10, 8, wobei die jedesmaligen Abstände a an dem dazu bestimmten Millimetermaßstabe abzulesen sind. Die gefundenen Abstände waren stets in guter Übereinstimmung mit den in der Tabelle enthaltenen theoretischen Zahlen. Bei der neuesten Versuchsreihe z. B. wurde der Ausschlag von 44,0 auf 22,0, 11,0, 5,5 gebracht, und es ergaben sich die Ringstände zu 11,3, 18,5, 25,9.

Nach dieser verhältnismäßig einfachen und so oder so längst auf der Oberstufe des Unterrichts durchgeführten Bestätigung des ersten Teils der Laplaceschen Formel soll nun auch dem zweiten Teil näher getreten werden. Dieses Sinusgesetz ist das Eigentümliche und Rätselhafte bei der Fernwirkung zwischen Stromstück und Magnetpol. Daß die Kraft der Stromstärke proportional sein würde, war selbstverständlich; daß sie mit dem Quadrat der Entfernung abnimmt, entspricht dem gleichen Verhalten der Gravitation, der elektrischen und der magnetischen Fernwirkung. Und alle diese Gesetze hatte man schon vor ihrer tatsächlichen Auffindung instinktiv vorgeahnt, indem man die Kräfte mit der Lichtstrahlung in Analogie brachte. Ein Einfluß des Winkels, geschweige denn das Sinusgesetz, ist a priori gar nicht einzusehen. Heute freilich ließe sich für den Schulgebrauch a posteriori wohl eine optische Analogie konstruieren. Man stelle sich das Stromstück als leuchtende Linie, z. B. wie ein zentimeterlanges, in einer Bunsenflamme glühendes Stück feinen Platindrahts vor. Dieser beleuchtet aus einigem Abstande eine sehr kleine Kugel in der Tat der Laplaceschen Formel gemäß. Indessen könnte ein gewandter Primaner doch fragen: Weshalb ist es denn bei einem linearen Träger der anderen Fernkräfte, z. B. bei dem Polende des von uns zur Ableitung des Coulombschen Gesetzes benutzten langen Drahtmagneten, nicht ebenso? Dieses wirkt doch gleich stark, mag es quer, schräg oder gar in der Verlängerung von r liegen? Sehr lehrreich ist auch die historische Tatsache, daß schon Biot und Savart den Einfluß des Winkels mit Hilfe geknickter Stromleiter festzustellen versuchten, aber zu dem unrichtigen Ergebnis kamen, daß die Kraft dem Winkel α selbst proportional sei. Erst dem mathematischen Scharfblick von Laplace gelang es, in dem Biot-Savartschen Integralgesetz für unendlich lange geradlinige Ströme das Grundgesetz zu entdecken. Hier liegt ein ähnlicher Fall vor wie bei der Auffindung des Sinusgesetzes für die Optik, das selbst ein Kepler in einem großen und wohlgeordneten Beobachtungsmaterial vergeblich gesucht. Deshalb wäre es ein pädagogischer Mißgriff, die Sinusformel vor der Klasse heuristisch herleiten zu wollen[1]). Wir können nicht anders, als sie den Schülern fertig zu geben wie so manche anderen großen Sätze der Physik. Hinterher aber gilt es, die Formel durch ausgewählte Versuche hinreichend zu belegen, sie auf die wichtigsten Sonderfälle auszudehnen und zur Lösung geeigneter, der experimentellen Prüfung zugänglicher Aufgaben anzuwenden.

Die schulmäßige Behandlung unsers Satzes muß nun leider mit einer rein mathematischen Entwicklung des Integrals linearer Ströme einsetzen. Wo man die Anfangsgründe der Infinitesimalrechnung voraussetzen darf, ist diese Aufgabe schnell erledigt. In der Prima des Realgymnasiums muß aber heute noch eine sogenannte elementare Ableitung Platz greifen, wie man sie in Lehrbüchern finden kann, und wie sie auch d. Ztschr. 17, 27 von Oosting vorgeführt worden ist. Die betreffenden Autoren steuern

[1]) Optische Scheiben mit aufgezeichnetem Sinusnetz ermöglichen selbstverständlich keine Heuristik, sondern bieten den Satz ebenfalls fertig dar.

aber nur auf den Grenzfall des unendlich langen linearen Stroms los, lediglich um die Konstante 2 in der Formel des Gesetzes von Biot und Savart zu erlangen. Mit diesem an sich sehr interessanten Ergebnis wird aber weiter nichts gemacht; und es läßt sich damit auch nichts Rechtes anfangen. Was not tut, ist eine bequeme Formel für lineare Ströme begrenzter Länge. Daß man sich eine solche bislang hat entgehen lassen, ist angesichts der Tatsache, daß bei galvanischen Instrumenten, wie in der Starkstromtechnik rechteckige Felder mindestens ebenso häufig vorkommen wie kreisförmige, kaum begreiflich. Es ist anzunehmen, daß in den Kreisen der Elektrotechniker Formeln für rechteckige und andere geradlinig geführte Ströme vorhanden sind, in Lehrbüchern und Schulbüchern für Physik sucht man sie vergeblich. Die Schulphysik muß sich also eingestehen, hier ein wichtiges, mitten in ihrem Bereich liegendes Feld weder theoretisch noch experimentell beackert zu haben. Die nachfolgenden Mitteilungen sollen dazu beitragen, die angedeutete Lücke auszufüllen.

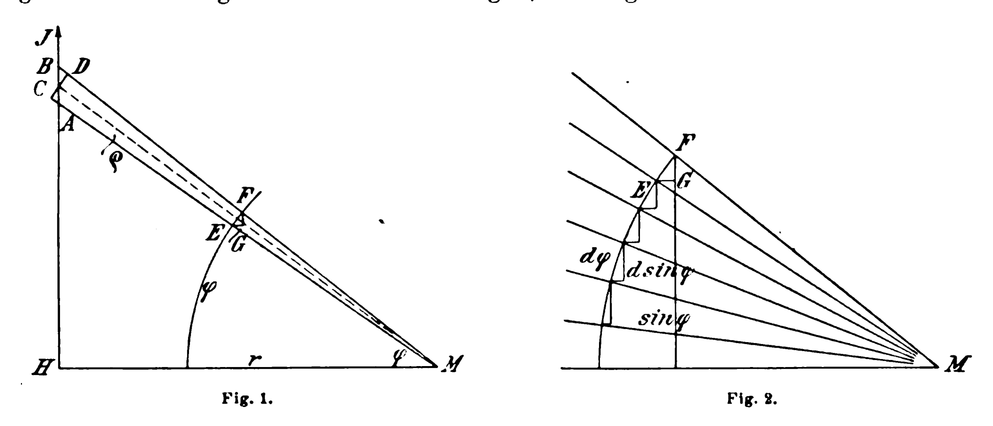


Fig. 1. Fig. 2.

Unsere Herleitung des Linienintegrals lehnt sich an vorhandene Vorbilder, namentlich an das in Eberts Buch über magnetische Kraftlinien. Nur die Schlußwendung wird anders gemacht werden.

Sei AB (Fig. 1) ein Element des Stromes HJ von der Stärke i und M der beeinflußte Magnetpol von der Stärke μ, dann ist nach dem Grundgesetz von Laplace das zugehörige Kraftelement

$$1) \qquad dk = \frac{\mu i}{\varrho^2} \cdot AB \cdot \sin\alpha.$$

Da ϱ im Vergleich mit AB als überaus groß gedacht werden soll, ist $\sin\alpha \,.\, AB = CD$. Wenn nun das durch die Strahlen MA und MB abgegrenzte Stück EF des um M beschriebenen Einheitskreises mit $d\varphi$ bezeichnet wird, so ist $\sin\alpha \,.\, AB = CD = \varrho \,.\, d\varphi$. Mithin wird aus Gl. 1

$$2) \qquad dk = \frac{\mu i}{\varrho} \cdot d\varphi.$$

Nun ist aber $\varrho = \frac{r}{\cos\varphi}$. Durch Einsetzung dieses Werts entsteht

$$3) \qquad dk = \frac{\mu i}{r} \cos\varphi \cdot d\varphi.$$

Wie Fig. 2 verdeutlicht, ist in dem unendlich kleinen Dreieck $EFG \measuredangle F = \varphi$, also $\cos\varphi \,.\, d\varphi = FG$. FG ist aber der Zuwachs von $\sin\varphi$, den wir mit dem Symbol $d\sin\varphi$ bezeichnen. Somit geht Gl. 3 über in

$$4) \qquad dk = \frac{\mu i}{r} d\sin\varphi.$$

Das von AB ausgeübte Kraftelement ist also gleich der konstanten Größe $\frac{\mu i}{r}$ multipliziert mit dem Zuwachs der zugehörigen Sinusstrecke im Einheitskreise. Was



für AB gilt, gilt für jedes andere Stromelement zwischen H und A. Die Summe aller Sinuszuwachse ist aber offenbar gleich $\sin \varphi$. Mithin ist die Gesamtkraft k, welche vom Strom HA ausgeübt wird,

$$k = \frac{\mu i}{r} \cdot \sin \varphi. \tag{5}$$

Damit haben wir eine Formel von großer Einfachheit und Verwendbarkeit. Ihr Inhalt prägt sich dem geistigen Auge beim Anblick der Figur fast ein, ohne daß man nötig hat, ihn sich in Worten vorzusagen. Eine kurze Fassung wäre vielleicht: Wenn ein geradliniges Stromstück in bezug auf einen Magnetpol die Kathete eines rechtwinkligen Dreiecks bildet, so ist die Größe der zwischen beiden wirksamen Kraft gleich dem Quotienten aus Stärkeprodukt und Abstand multipliziert mit dem Sinus des Winkels, unter dem der Strom vom Pole aus erscheint.

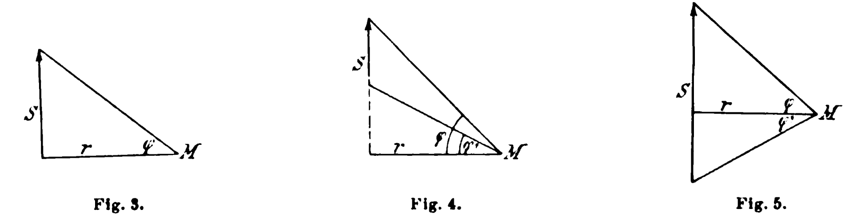


Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5.

Wenn der Strom mit dem Pol ein schiefwinkliges Dreieck bildet nach Fig. 4 oder Fig. 5, so ist $k = \mu i / r (\sin \varphi - \sin \varphi_1)$. —

Die Brauchbarkeit dieser Formel zeigt sich sofort bei ihrer Anwendung auf bestimmte Fälle.

Für einen beiderseits unendlich langen Strom ist ohne weiteres $k = \mu i / r \,.\, 2$.

Ebenso kann für ein Quadrat in bezug auf seinen Mittelpunkt sofort hingeschrieben werden:

$$k = 8 i \mu / r \cdot \sin 45^0 = i \mu / r \cdot 4 \sqrt{2}\,.$$

Ebenso für das gleichseitige Dreieck

$$k = 6 i \mu / r \cdot \sin 60^0 = i \mu / r \cdot 3 \sqrt{3}\,.$$

Für ein regelmäßiges n-Eck gilt allgemein

$$k = 2 n \,.\, i \mu / r \,.\, \sin 180 / n.$$

Bemerkenswert ist der Fall des regelmäßigen Sechsecks, für den der Zahlenfaktor rational ist, nämlich 6.

Für das Rechteck ab ergibt sich, wenn wir seine Diagonale mit d bezeichnen,

$$k = \frac{\mu i}{a} \cdot 8 \frac{d}{b}\,.$$

Eine noch brauchbarere Formel wird erhalten, wenn man $a = 2r$ setzt und b als Vielfaches von a durch an ausdrückt.

$$k = \frac{\mu i}{r} \,.\, \frac{4 \sqrt{1 + n^2}}{n}\,.$$

Für den besonderen Fall, daß das Rechteck doppelt so lang wie breit, also $n = 2$ ist wie in Fig. 16, ergibt sich der Faktor $2 \sqrt{5}$. Noch interessanter sind die Fälle, wo der Faktor rational wird. Dies tritt ein, wenn a und b pythagoräische Zahlen sind, z. B. $n = 4/3$ oder gleich $12/5$ ist, wobei $f = 5$ (Fig. 15) oder $f = 13/3$ wird.

Auch bei exzentrischer Lage des Pols bietet die Rechnung keine besonderen Schwierigkeiten, nur daß sie langweiliger wird. In den Figuren 10—14 sind einige einfache Beispiele derart skizziert.

In der nachfolgenden Tafel sind alle von uns berührten Fälle, welche sich leicht experimentell verwirklichen lassen, zugleich mit dem zugehörigen Faktor zusammengestellt.

Beim Kreise bietet eine exzentrische Pollage für die Berechnung sehr große, für die Schulmathematik unüberwindliche Schwierigkeiten. Deshalb habe ich seinerzeit, um über die Beschaffenheit des Feldes innerhalb eines Kreisstromes sicheren Aufschluß zu erhalten, eine experimentelle Untersuchung angestellt und deren Ergebnisse vor Jahresfrist in d. Zeitschr. 20, 375 gelegentlich meiner Kritik des Sonderhefts II 2 mitgeteilt. Es ergab sich, daß das Feld im Abtsande $r/2$ vom Zentrum um 18 Proz. stärker ist, im Abstande 0,57 r um 28 Prozent. Heute können diese Beobachtungen theoretisch gerechtfertigt werden. Für Fig. 12 gilt der Faktor 6,88, während er für Fig. 7 5,66 ist. Diese Ziffern verhalten sich wie 121 : 100. Noch lehrreicher ist das 6-Eck,

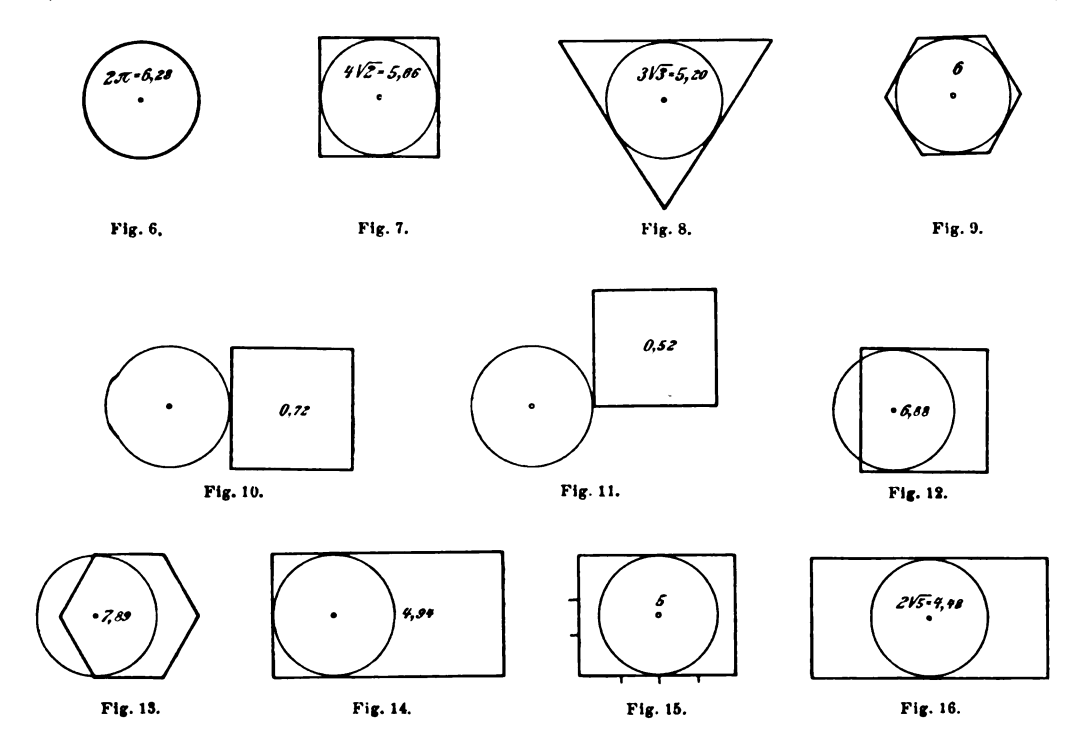


Fig. 6. Fig. 7. Fig. 8. Fig. 9.

Fig. 10. Fig. 11. Fig. 12.

Fig. 13. Fig. 14. Fig. 15. Fig. 16.

weil es dem Kreise schon ziemlich nahe kommt. Für die in Fig. 13 bezeichnete Lage von M ergibt die Rechnung den Faktor 7,89, während er für den Mittelpunkt 6,00 ist. Danach muß die betreffende Feldstärke im Verhältnis 132 : 100 größer sein.

Wenn man die angeführten Beispiele überblickt, eröffnet sich eine überraschende Fülle von leichten und zweckmäßigen Schüleraufgaben. Die Hauptsache aber ist, daß diese keine bloßen mathematischen Übungen zu sein brauchen, sondern mit großer Leichtigkeit und kostenlos durch das Experiment verwirklicht werden können, wenn nur die Galvanometerbank mit der Lichtzeigernadel einmal vorhanden ist. Denn die Herstellung rechteckiger oder polygonaler Stromleiter ist weit leichter als die von Kreisleitern. Wie leicht läßt sich nicht aus dünnen Holzleisten mittels Messingstiften ein rechteckiger Rahmen nach bestimmten Maßen zusammenbauen! Legt man eine oder mehrere Windungen Haustelegraphendraht straff herum und dreht die freien Enden zusammen, so ist ein Leiter fertig, dessen Dimensionen sich bequem und genau messen lassen. Ein anderer Weg ist der, die Figuren aus Messingdraht von 3 mm Stärke zurecht zu biegen, indem man die Seiten auf dem gestreckten Drahte abteilt und an den durch Einfeilen bezeichneten und mit der Stichflamme



glühend gemachten Knickstellen so biegt, daß die stumpfen Kerbe nach innen kommen. Auch durch Voreinanderlöten der nach Maß abgeschnittenen Drahtstücke kann man sehr genaue Figuren erhalten. Die freien Zuleiteenden werden mit Isolierband getrennt und zusammen umwickelt. Alle diese Figuren erhalten zweckmäßig dieselbe Weite wie der Kreisring, also in unserm Apparat 30 cm, und werden wie dieser am Schlitten der Galvanometerbank befestigt. Besonders übersichtlich werden die Versuche, wenn man den Ring zum Vergleich jedesmal mit einspannt.

Fig. 17.

Ich habe, wie bereits in der früheren Abhandlung mitgeteilt worden, für den Hauptversuch einen Kreis, ein Quadrat und ein gleichseitiges Dreieck aus 2 mm-Messingdraht ein für allemal mittels Isolierband miteinander vereinigt, wie Fig. 17 zeigt. Diese gaben in der Nadelebene bei verschiedenen Gelegenheiten Ablenkungen, die sich wie 100 : 89,8 : 83,3 verhielten, also mit den oben mitgeteilten theoretischen Ziffern gut übereinstimmen.

Auch die Versuchsanordnungen Fig. 6 und 7 wurden verwirklicht und gaben Ablenkungen, die sich zu der des Kreises wie 100 : 12,0 bzw. 100 : 8,1 verhielten, während die obigen errechneten Ziffern sich verhalten wie 100 : 11,4 : 8,3. Daß auch bei den übrigen der angeführten Leiterformen die experimentellen Ergebnisse mit der Theorie übereinstimmen, soll bei nächster Gelegenheit festgestellt werden.

Man kann die Fragestellung aber auch umkehren: Welche Abmessungen muß ein Leiter vorgeschriebener Form haben, damit 1 cm Ablenkung einer bestimmten Stromstärke entspricht? Derartige Aufgaben erhalten bei Anfertigung von Galvanometern praktische Bedeutung. Es soll beispielsweise für unser Lichtzeigergalvanometer ein rechteckiger Multiplikator mit wenigen Windungen gemacht werden, so daß es Milliampere zeigt. Bedingung ist, daß die Innenmaße mindestens 5 : 10 cm sind, um die Nadel gerade bequem hineinstellen zu können. Wenn f den obigen Faktor, H die Horizontalintensität, n die Zahl der Windungen bedeutet, lautet die allgemeine Galvanometergleichung

$$i = \frac{10\, H\, r \operatorname{tg} \alpha}{n\, f} \text{ Amp.}$$

$$r = n \frac{i\, f}{10\, H \operatorname{tg} \alpha}.$$

Für unsern Fall wird (Fig. 16)

$$r = n \cdot \frac{0{,}001 \cdot 4{,}48}{10 \cdot 0{,}18 \cdot 0{,}005}$$

$$r = n \cdot 0{,}498.$$

Also wird ein Multiplikator mit 5 Windungen von 5 : 10 cm, das Instrument zu einem Milliamperemesser machen. —

Nun genug der Einzelheiten; wir sind am Ende unserer Entdeckungsfahrt in dies neue Gebiet des Experimentalunterrichts. Wir haben nach Überwindung des einhegenden Dornengürtels statt einer Wüste ein wegsames, fruchtbares Gelände gefunden. Selbst Schüler können eindringen und sich darin leicht zurechtfinden. Die heimgebrachten Ergebnisse sind lohnend gewesen. Zur Erreichung des Ziels sind zwar einfache und wohlfeile Apparate verwandt; aber sie entsprechen an Sicherheit und Schärfe dem Standpunkte neuester Wissenschaft und erfüllen außerdem alle besonderen Anforderungen des Experimentalunterrichts in vollem Maße. Messende Schulversuche sollen den Stempel wissenschaftlicher Herkunft an sich tragen. Es hieße die Ziele des höheren Unterrichts gänzlich verkennen, wenn man ungenaue Methoden und Apparate für zulässig erachtete, offensichtliche Fehlerquellen zuließe oder gar vertuschte. Der Forscher und Fachmann vermag, wie die klassischen Arbeiten von Coulomb oder

Biot-Savart zeigen, selbst mit unzureichenden Hilfsmitteln große Gesetze zu finden oder zu begründen. Vor Schüleraugen aber muß ein solches, in starrer Formel ausgedrücktes Gesetz heute in seiner ganzen Schärfe und Unbedingtheit deutlich und schnell aus den zu seiner Bestätigung vorgeführten Tatsachen hervorgehen. Daß diese Aufgabe unter Mitberücksichtigung schultechnischer Erwägungen ihre eigenen, oft sehr großen Schwierigkeiten bietet, wird niemand leugnen, der mitten in den Dingen steht. Sie muß und wird aber gelöst werden durch die zielbewußte Arbeit einer wissenschaftlich und fachmännisch durchgebildeten Lehrerschaft.

Versuche mit Papierkondensatoren.

Von

H. Lüdtke, Altona (Elbe).

1. Einleitung. Der Papierkondensator wurde bisher im Unterricht an unseren höheren Schulen wohl nur bei der Besprechung des Induktionsapparates von Ruhmkorff flüchtig erwähnt. Es scheint, als wenn diesen Kondensatoren in der Elektrotechnik in Zukunft eine größere Bedeutung als bisher zukommen wird. Es ist bekannt, daß in der Theorie vom Wechselstrom der Kondensator eine große Rolle spielt, z. B. zur Erzielung von Resonanz nach der Gleichung $\tau = 2\,\pi\,\sqrt{L\,C}$, worin L Selbstinduktion und C Kapazität bedeutet. Es ist denkbar, durch Verwendung eines richtig bemessenen Kondensators den Leerlaufstrom in der Zuleitung zum Transformator und damit die Verluste in der Leitung zu vermindern.

In der Praxis war die Rolle, die diese Kondensatoren spielten, bisher eine viel bescheidenere. In der höheren Analysis für Ingenieure von Perry, deutsch von Fricke und Süchting 1902, S. 279, wird der Grund hierfür in folgenden Worten angegeben: „Nun kostet ein Kondensator von nur 1 Mikrofarad oder 10^{-6} Farad schon einige hundert Mark. Nur ein ganz unpraktischer Mann kann daher im Ernste den Vorschlag machen, für den eben genannten Zweck einen Kondensator zu verwenden. Er würde Millionen kosten."

Durch Herrn Kröplin in Rellingen bei Hamburg bin ich kürzlich auf die Tatsache aufmerksam gemacht worden, daß die Firma Mix & Genest in Berlin seit einiger Zeit Papierkondensatoren zu dem billigen Preise von 2,50—3,25 M das Stück in den Handel bringt; diese haben eine Kapazität von 2 Mikrofarad und sind dabei so klein, daß man sie bequem in eine Tasche stecken kann. Ein Kondensator von 707 (oder nach anderen 667) Mikrofarad, d. h. von der Kapazität der Erde, läßt sich daher zu dem Preise von etwa 1000 M beschaffen und würde keinen allzu großen Raum beanspruchen. Durch den billigen Preis dieser Apparate ist die Lösung mancher technischer Probleme wahrscheinlich gemacht, und auch für den physikalischen Unterricht ergibt sich ein billiges Anschauungsmittel von einigem Nutzen.

2. Bau und technische Verwendung der Kondensatoren. Die Kondensatoren bestehen nicht aus einzelnen Blättern von gefettetem Papier, zwischen denen Stanniolblätter liegen, sondern aus einer flachen Rolle von dünnem Papier-Stanniol-Papier-Stanniol, die mit Paraffin und Pech in eine Schutzhülle mit Anschlußklemmen eingebaut ist und äußerlich fast wie ein kleines, rechteckiges Trockenelement aussieht. Die Kondensatoren sind auf eine Spannung von 500 Volt geprüft und werden als Massenartikel in den Handel gebracht, da sie auf den Fernsprechämtern dazu benutzt werden können, Wechselströme „durchzulassen", während sie gewöhnlichem Gleichstrom den Weg versperren.



Zur Demonstration dieser Verwendung kann man ein Telephon mit einem solchen Papierkondensator in Serie schalten, und zwar in üblicher Weise in die sekundäre Leitung des kleinen Transformators, dessen primäre Leitung dem Mikrophonstromkreise angehört. Es zeigt sich, daß durch den Kondensator die Übertragung akustischer Laute nicht verhindert wird.

3. Versuche mit Wechselstrom. Man kann ferner den von einer kleinen Wechselstrommaschine oder von einem Gleichstrom-Wechselstromumformer gelieferten Wechselstrom zu einigen Versuchen mit diesen Kondensatoren benutzen. Schaltet man einen Kondensator von größerer Kapazität mit einer Wechselstromklingel in Reihe, so tönt die Glocke. Ebenso kann man durch Wechselstrom ein kleines Glühlämpchen zum Leuchten bringen, das mit dem Kondensator in Serie geschaltet ist. Die Helligkeit der Lampe nimmt zu, wenn statt 2 Mikrofarad 4, 6 oder noch mehr eingeschaltet werden. Hieraus ergibt sich, daß der Kondensator als ein Widerstand aufgefaßt werden kann, der um so größer ist, je kleiner die Kapazität ist. Da die Helligkeit des Lämpchens auch mit der Tourenzahl der Maschine oder des Umformers zunimmt, so ist klar, daß der Wechselstromwiderstand eines Kondensators gleich $\frac{1}{\omega C}$ gesetzt werden kann, wenn C die Kapazität bedeutet, und $\omega = 2\pi n$ ist, wobei auf den Faktor 2π hier nicht weiter eingegangen werden kann. Wird dem Kondensator nebst Glühlämpchen ein Toroid von nicht zu kleinem Selbstinduktionswiderstand parallel geschaltet, so leuchtet das Lämpchen heller; ein Lämpchen in Serie mit einer Selbstinduktion leuchtet ebenfalls heller, wenn dem Zweige eine größere Kapazität parallel geschaltet wird. Kapazität und Selbstinduktion beeinflussen sich also.

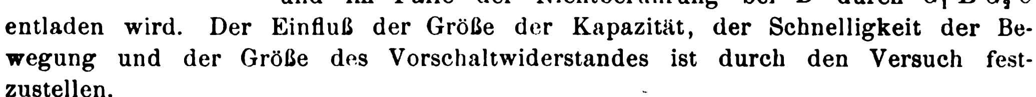


Fig. 1.

4. Benutzung des Anschlusses. In Ermangelung eines Wechselstromerzeugers ist folgende Anordnung zu Kondensatorversuchen empfehlenswert. Benutzt wird der elektrische Anschluß von 110 oder 220 Volt. K in Fig. 1 ist ein möglichst großer Kondensator, G_1 ein kleines Glühlämpchen, G_2 eine gewöhnliche Glühlampe von 16 oder 32 Kerzen, F eine Feile, V ein Vorschaltwiderstand. Wird der Zuleitungsdraht D schnell über die Feile bewegt, am besten hin- und herbewegt, so leuchtet das Lämpchen G_1, weil K abwechselnd geladen und im Falle der Nichtberührung bei D durch $G_1\,B\,G_2\,C$ entladen wird. Der Einfluß der Größe der Kapazität, der Schnelligkeit der Bewegung und der Größe des Vorschaltwiderstandes ist durch den Versuch festzustellen.

5. Induktor-Kondensatoren. Leider ist das Isolationsvermögen der billigen Kondensatoren von Mix & Genest nicht hinreichend, um bei Funkeninduktorien in allbekannter Weise Verwendung finden zu können. Bei einem Versuche wurde ein solcher nach kurzer Zeit durchschlagen; es ließ sich beim Auseinandernehmen des Kondensators der obere schadhafte Teil abwickeln und der Rest als kleiner Kondensator noch weiter verwenden. Aber auch Kondensatoren für Induktionsapparate sind heute nicht mehr unerschwinglich teuer, da sie nach einem ähnlichen Verfahren wie die obigen hergestellt werden. Ich benutze einen solchen von 1 Mikrofarad Kapazität seit längerer Zeit, der nach Angabe des Fabrikanten 6000 Volt vertragen soll. Das Durchschlagen des auf 500 Volt geprüften Kondensators beim Betriebe des Induktoriums mit weniger als 20 Volt Spannung zeigt zunächst die hohe Spannung des Extrastromes an.

Induktionsapparate neuerer Konstruktion, bei denen die Zuleitung zum Kondensator frei ist, so daß er ein- und ausgeschaltet werden kann, gestatten Versuche, durch die gezeigt wird, daß ein passend gewählter Kondensator für die Erzielung



einer großen Funkenlänge von Vorteil ist; Walterschaltung. Die Anschaffung eines teuren Kondensators kann daher auch lohnend erscheinen.

Die vom Unterbrecher nach dem Kondensator führenden Drähte werden natürlich von intermittierenden Strömen, Lade- und Entladeströmen durchflossen; diese können zu verschiedenen Versuchen, die mit Wechselstrom gewöhnlich ausgeführt werden, Benutzung finden. Dünner eingeschalteter Draht wird erwärmt, ein Glühlämpchen zum Leuchten gebracht; beim Einschalten einer kleinen Selbstinduktion mit verschiebbarem Eisenstab ändert sich das Leuchten der Lampe, und andere Versuche.

6. Induktor und Kondensator in Serie. Wird ein Kondensator von mehreren Mikrofarad, es genügen die auf 500 Volt geprüften von Mix & Genest, auf 220 Volt geladen und durch die Primärspule eines Ruhmkorff hindurch entladen, so erhält man an den Polen der Sekundärspule Funken; bei 1 Mikrofarad Kapazität erhielt ich an einem größeren Induktor über 1 cm, bei 5 Mikrofarad mehr als 3 cm Funkenlänge.

Für den Unterricht sind diese Versuche von Interesse, weil man mit ihrer Hilfe eine ungefähre Schätzung der Zeitdauer des Entladungsschlages vornehmen kann. Beim Einschalten eines kontinuierlichen Stromes von 220 Volt und passend gewählter Stromstärke kann man infolge des Extrastromes eine ähnliche Funkenlänge wie beim Entladen des Kondensators erhalten. Die beim Entladen erhaltene maximale Stromstärke läßt sich also ungefähr schätzen, aus der mittleren Stromstärke läßt sich dann, da die Menge in Coulomb bekannt ist, die Zeit der Entladung annähernd beurteilen. Ein genaueres Eingehen würde hier zu weit führen.

Wird noch eine größere Selbstinduktion bei der Entladung eingeschaltet, so wird die Funkenlänge kürzer; ich benutzte hierbei ein Toroid, einen ringförmigen Elektromagneten, und beobachtete, daß die oben erwähnte Funkenlänge von 3 cm auf den dritten Teil herabgedrückt wurde. Die Erscheinung läßt sich nur so erklären, daß die Zeit der Entladung erheblich länger geworden ist; die entladene Elektrizitätsmenge ist dieselbe gewesen, 1 : 1000 Coulomb. Die Induktion ist der Änderung der Stromstärke in der Zeiteinheit proportional, die Stromkurve des Entladestromes des Kondensators muß weniger steil als vorher gewesen sein, d. h. die Entladezeit war größer. Die Elektrizität fließt also nicht momentan durch einen Draht, die Windungen des Toroids verzögern die Entladung.

Benutzung der Kondensatoren im Anfangsunterricht des Galvanismus.

7. Funken. Wird einer unserer Papierkondensatoren oder noch besser eine Batterie solcher durch Berühren der Polklemmen mit den Enden der Zuleitungsdrähte vom elektrischen Anschluß auf 110 oder 220 Volt geladen, so kann man nach Entfernung der Zuleitungsdrähte den Kondensator mit einem Drahte, der von einer Klemme zur andern geführt wird, entladen und erhält einen Funken, der zwar klein, aber deutlich zu sehen ist und einiges Geräusch verursacht; natürlich ist die Wirkung um so größer, je größer die Kapazität ist. War die Berührung mit dem entladenden Drahte nur flüchtig, so erhält man bei Wiederholung des Versuchs einen schwächeren kleinen Funken, ganz wie bei der Entladung von Leidener Flaschen. — Dieser Versuch ist im Anfangsunterricht recht zweckmäßig, da er den Übergang von der Reibungselektrizität zum Galvanismus vermittelt.

8. Physiologische Wirkungen. Ebenso erscheint es mir notwendig, einige physiologische Wirkungen, die in der Lehre von der Reibungselektrizität eine so große Rolle spielen, gleich anfangs im Galvanismus zu demonstrieren. Die Entdeckungen Galvanis knüpfen an derartige Wirkungen an, es erscheint mir daher nicht richtig, von den physiologischen Wirkungen nur, wie es heute fast regelmäßig geschieht, zu erzählen; sie müssen den Schülern vorgeführt werden.

K in Fig. 2 ist ein Papierkondensator, W_1 und W_2 sind zwei Porzellan- oder Steingutwannen, wie sie zum Entwickeln photographischer Platten dienen; in diese gießt man Leitungswasser und stellt irgendwelche Blechelektroden behufs Zuleitung der Elektrizität hinein. Hält man nun zwei gespreizte Finger derselben Hand in eine dieser Wannen, so kann man die physiologische Wirkung untersuchen. Wird bei U dauernde Berührung hergestellt, so empfindet man in W_2 die Gleichstromwirkung; wird der Zuleitungsdraht bei U beständig genähert und entfernt, so beobachtet man die weit kräftigere Wechselstromwirkung in W_2, die Finger sind nur wenig zu spreizen. In W_1 verspürt man beim Laden und Entladen des Kondensators eine Wirkung, erstere, wenn bei U Berührung hergestellt wird, letztere, wenn diese aufgehoben wird; bei kontinuierlichem Gleichstrom merkt man hier nichts. Natürlich kann man auch den Kondensator, wie oben mitgeteilt, am Anschluß laden und durch einen Draht unter Einschaltung der Wasserwanne W_1 entladen; besonders wenn die Finger in W_1 von einer Elektrode zur andern gespannt sind, ist die Wirkung erheblich.

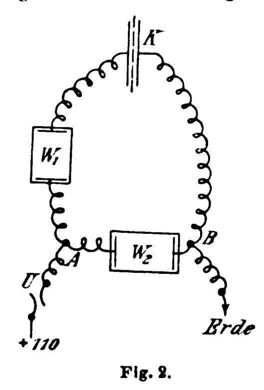


Fig. 2.

9. Elektroskopversuche. Auf Elektroskopversuche, die im Anfangsunterricht gleichzeitig mit den soeben besprochenen Versuchen bei der Einführung in den Galvanismus vorzunehmen sind, kann ich hier nicht eingehen. Erwähnen möchte ich nur, daß für Versuche mit dem Voltaschen Kondensator ein Stück der isolierenden Papierschicht aus einem auseinandergenommenen Papierkondensator bei nicht allzu kleinen Potentialdifferenzen als Zwischenmittel brauchbar ist, ebenso wie irgend ein Stück Papier, das etwa mit Paraffin getränkt ist; ein Hinweis, der vielleicht nicht ganz überflüssig ist.

10. Galvanoskopversuche. Bei Besprechung der magnetischen Wirkungen eines elektrischen Stromes ist es naheliegend, auch die Wirkung des Momentanstromes beim Laden oder Entladen eines größeren Papierkondensators zu untersuchen. Leitet man den Strom in einem einfachen Drahte an einer Magetnadel vorbei, so beobachtet man keine Einwirkung, ebenso fast nichts bei einem Galvanoskop aus wenigen Windungen dicken Drahtes. Wohl aber erzielt man erhebliche Ausschläge, wenn ein Galvanoskop aus vielen Windungen dünnen Drahtes benutzt wird, und die Magnetnadel recht empfindlich ist. Ich gebrauche im Unterricht einfache Vertikalgalvanoskope; als Magnet dient eine magnetisierte Nähnadel, die durch ein Korkstückchen gesteckt ist; senkrecht zur Nadel sind als Drehachse zwei Drahtstückchen in den Kork gesteckt, die auf der Fassung des Multiplikatorgewindes ruhen; als Zeiger dient ein Strohhalm oder ein Papierstreifen an dem Kork. Der Ausschlag ist beim Laden des Kondensators auf 220 Volt umgekehrt wie beim Entladen und natürlich um so größer, je größer die Kapazität ist. Schickt man taktmäßig den Entlade- und Ladestrom durch das Galvanoskop, so gerät die Nadel in große Schwankungen. Berührt man beim Entladen des Kondensators die Galvanoskopklemme nur flüchtig, so zeigt sich bei wiederholter Berührung noch ein kleiner Ausschlag infolge des Rückstandes. Beim Laden beobachtet man Ähnliches, da ein Teil der Ladung in den Isolator hineinkriecht.

Schaltet man in Fig. 1 statt des Glühlämpchens G_1 ein Galvanoskop ein, so erhält man keinen Ausschlag, wenn das Drahtende D schnell über die Feile F wegbewegt wird. Eine Wechselstromklingel statt G_1, die ja auch einen polarisierten Anker hat, tönt ebenfalls nicht bei sehr schnellem Stromwechsel. Wohl aber erhält man an einem Amperemeter oder Voltmeter Ausschläge, wenn es sich um Weicheiseninstrumente handelt.

Wird in Fig. 3 der Draht möglichst schnell zwischen den Nägeln A und B hin-



und herbewegt, so zeigt das Galvanoskop einen dauernden Ausschlag, da ähnlich wie bei dem Versuch mit der schnell vibrierenden Wippe von Werner Siemens nur der Lade- bzw. Entladestrom das Galvanoskop durchfließt.

Man kann so die Unterschiede zwischen Stromstoß und kontinuierlichem Strom, zerhacktem Gleichstrom und Wechselstrom im Anfangsunterricht erläutern.

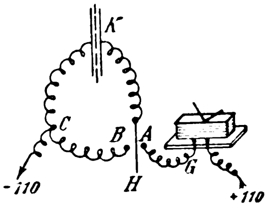


Fig. 3.

11. Einführung der Maßeinheiten im Galvanismus. Lädt man $K = 5$ Mikrofarad auf rund 200 Volt, so hat man, da 1 Mikrofarad $= 10^{-6}$ Farad ist, eine Elektrizitätsmenge von 1 : 1000 Coulomb. Fließt diese Menge in 1 Sekunde durch einen Draht, so würde dies bei gleichförmigem Fließen auch 1 : 1000 Ampere Stromstärke geben. Wird der Kondensator aber schon in 1 : 1000 Sekunde entladen, so bedeutet dies 1 Ampere Stromstärke. *H* in Fig. 3 muß 1000 mal hin- und herbewegt werden, damit 1 Coulomb durch *G* fließt. Die Papierkondensatoren sind also zur Veranschaulichung der Begriffe Mikrofarad, Coulomb, Ampere unentbehrlich. Da bei manchen der obigen Versuche, z. B. bei dem Leuchten von G_1 in Fig. 1, eine nicht unerhebliche Stromstärke beobachtet ist, so kann daraus auf die geringe Zeit, die zum Laden oder Entladen nötig ist, geschlossen werden. Die Entladung durch einen kurzen Draht erfolgt in sehr kurzer Zeit, liefert also erhebliche Stromstärken. Warum wird trotzdem eine Magnetnadel dadurch nicht abgelenkt, obwohl ein ähnlicher kontinuierlicher Strom dies tut?

12. Chemische Wirkungen. Ersetzt man das Galvanoskop *G* in Fig. 3 durch einen Polsucher, Salpeterlösung nebst Phenolphthalein in U-förmiger Röhre, so beobachtet man schon nach einigen mit *H* ausgeführten Bewegungen an der negativen Elektrode Rotfärbung. Befindet sich der Polsucher in dem Zweige *B C*, so ist die Wirkung durch den Entladestrom eine ähnliche. Ist der Polsucher in *H K* eingeschaltet, so wird er von Wechselströmen durchflossen. Ich habe gefunden, daß bei diesem letzten Versuch immer der Ladestrom etwas überwiegt; ein Teil der Ladung gleicht sich also nicht durch *B C* aus.

Nach dem Gesetz von Faraday ist die chemische Wirkung der transportierten Elektrizitätsmenge proportional. Wird in der Anordnung, Fig. 3, der Hebel *H* je zehnmal hin- und herbewegt, einmal bei Einschaltung eines Vorschaltwiderstandes, das andere Mal ohne diesen, so fließt durch den Polsucher *G* in beiden Fällen dieselbe Elektrizitätsmenge, die Rotfärbung muß also gleich kräftig sein; dies ergab sich auch beim Versuch.

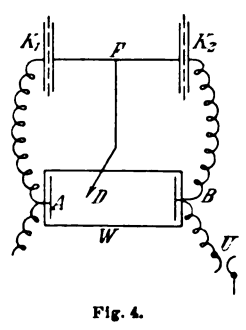


Fig. 4.

13. Messung von Kapazitäten in Schülerübungen. Es unterliegt keinem Zweifel, daß überall da, wo in Schülerübungen einfache Widerstandsmessungen mit der Wheatstoneschen Brücke ausgeführt werden, in Zukunft auch ähnliche Messungen von Kondensatorkapazitäten nach Fig. 4 vorgenommen werden. Dabei ist irgend eine intermittierende Stromquelle und in der Brücke *F D* ein Telephon zu benutzen. Der Strom kann z. B. durch eine elektrische Schelle ohne Glocke geliefert werden, indem man von beiden Seiten des Unterbrechungsfunkens Drähte nach *A* und *B* in Fig. 4 führt. Als Freihandversuch kommt auch die Messung ohne Hörrohr mit Benutzung der physiologischen Wirkung in Frage; bei *D* wird in die Wasserwanne *A B* die Spitze eines Fingers getaucht, um dessen Basis der Draht *F D* gewickelt ist. Das Minimum der Wirkung tritt bekanntlich ein, wenn $K_1 : K_2 = \frac{1}{w_3} : \frac{1}{w_4}$ oder hier $K_1 : K_2 = \overline{BD} : \overline{AD}$, denn die Kapazität ist einem Widerstande gewissermaßen um-

gekehrt proportional. — Es wäre wünschenswert, wenn die Induktor-Kondensatoren mit genauer Angabe ihrer Kapazität in den Handel gebracht würden, damit sie für einfache Messungen benutzt werden könnten.

14. Schluß. Von zahlreichen weiteren Versuchen, die mit Benutzung von Papierkondensatoren ausgeführt werden können, will ich nur noch kurz die Duddel-schaltung erwähnen, bei der eine Bogenlampe durch Parallelschalten eines Papierkondensators zum Tönen gebracht wird. Überall, wo man elektrischen Anschluß und eine Handregulierbogenlampe besitzt, ist die Schaltung ohne nennenswerte Ausgaben ausführbar. Die Versuche sind z. B. in Weilers Physikbuch I 283 und 284 genauer beschrieben; man arbeite mit großem Vorschaltwiderstand und kleinem Lichtbogen.

Vergleiche der neueren kleinen Papierkondensatoren mit älteren regen zu Betrachtungen über $C = \eta \cdot \frac{F}{4\pi d}$ an. Daß der Widerstand einer Kapazität $\frac{1}{\omega C}$ ist, daß $e = C V$ und $\tau = 2\pi \sqrt{LC}$ ist, läßt sich durch Versuche erläutern, bei denen die Lichtwirkung wie in Fig. 1, die physiologische Wirkung, die Wirkung auf ein Galvanoskop oder auch die Duddelschaltung benutzt werden kann. Ebenso sind Versuche über Schaltung von Kondensatoren und zur Erläuterung des Vorauseilens der Stromstärke um 90° vor der Spannung ausführbar, die Besprechung würde hier aber zu weit führen. Einiges davon vielleicht in einem späteren Artikel.

Über Abblendungserscheinungen.

Von

Dr. **E. Koch** in Kiel.

Im 16. Jahrgang dieser Zeitschrift, S. 157 f., bespricht J. Jung eine Erscheinung, die er „ein Gegenstück zum Sehen mittels enger Öffnungen" nennt. Es handelt sich dabei um folgendes.

Man bringe auf einer weißen Papierfläche einen schwarzen Fleck an und akkommodiere auf einen Punkt hinter der Fläche, was bei einiger Übung ohne Hilfe eines wahrnehmbaren Fixierpunktes geht. Der Fleck erscheint in einem Zerstreuungskreis — wie richtig hinzugefügt wird: „eine Folge des Entstehens eines reellen Bildpunktes hinter der Netzhaut und der Begrenzung des Strahlenganges durch die runde Pupille". Bringt man eine Nadel zwischen Papierfläche und Auge, so sieht man nach Jung diese Nadel „sonderbarerweise weiß und verkehrt im dunkeln Kreisfelde" des Zerstreuungskreises. Akkommodiert man andrerseits auf einen Bereich zwischen der weißen Papierfläche und dem Auge, so soll nach ihm das Nadelbild aufrecht erscheinen. In diesem Fall sei es gleichgültig, ob die Nadelspitze diesseits oder jenseits des Fixierpunktes liege.

Bei der Erklärung denkt sich Jung die Nadelspitze von vielen feinen Öffnungen umgeben. Durch jede findet eine Abbildung der Papierfläche mit dem schwarzen Fleck statt. Schließlich reihen sich die Bilder des schwarzen Flecks um ein der Nadelspitze ähnliches Gebiet auf der Retina, das selbst allen lichtschwachen Netzhautbildern des weißen Schirms gemeinsam, daher vollkommen weiß ist. Die Schwärze der umgebenden Bilder dagegen kann keine völlige sein, da sie teilweise vom Weiß überdeckt wird. Ähnlich werden die Fälle, in denen Papierschirm oder Nadelspitze jenseits des Fixierpunktes gerückt sind und in denen ein aufrechtes Bild der Nadelspitze sich ergeben soll, gedeutet.



Ebensowenig wie in einer früheren Abhandlung über „Das Sehen mittels enger Öffnungen[1])" berücksichtigt Jung in dieser Abhandlung die Strahlenbegrenzung und macht anstatt dessen, die künstliche Annahme feinster Öffnungen in der nächsten Umgebung der Nadel. Wir werden deshalb vor allem eine Konstruktion des Strahlenganges zu geben haben, die jenem Moment gerecht wird. Im Anschluß an die schematisierende Konstruktionsweise hat Jung auch die Beschreibung der Tatsachen wesentlich vereinfacht. Freilich kann nicht alles bei dem reichen Wechsel, den die sog. Aberrationen in sie hineinbringen, zur Sprache kommen; doch mag wenigstens nach einigen Richtungen hin eine Ergänzung der Beobachtungen sich anschließen.

Zunächst also die Erklärung der mitgeteilten Erscheinung in ihrer einfachsten Form.

P.-E. sei die Ebene der Pupille. Der Abkürzung wegen sind Eintritts- und Austrittspupille[2]) zusammengerückt. $O\,O_1$ sei der Durchmesser des Flecks auf dem weißen Karton. Seine Abbildung gibt $O'\,O_1'$ an. Da das Auge nicht auf den Fleck eingestellt ist, sondern auf eine Ebene links von ihm, so kommt als Bildebene eine Ebene in Betracht, die links von $O'\,O_1'$ liegt und in der Fig. 1 mit *B.-E.* bezeichnet ist. An ihrer Stelle hat man sich — wenn der Versuch subjektiv angestellt wird — die Retina zu denken. Die Dicke der Nadel N ist klein gegenüber dem Blendendurchmesser.

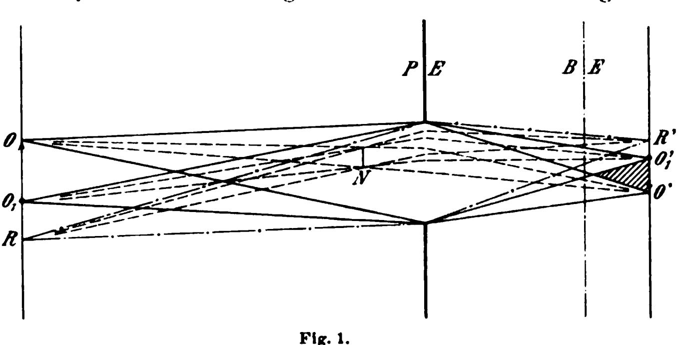


Fig. 1.

In der Bildebene liegt ein Zerstreuungsbild von $O\,O_1$. Der in der Figur ausgeführte Strahlengang ermöglicht eine Rechenschaft darüber, wo die einzelnen Punkte des Flecks, von denen aus wir uns der Einfachheit wegen „dunkle" Strahlen ausgehend denken können, abgebildet werden, auch darüber, welche von den „dunklen" Strahlen N in jeder beliebigen Stellung abblenden muß. Für die Randpunkte O und O_1 ist die Abblendung angegeben. Dadurch ist der gesamte Abblendungsbezirk für eine beliebige Stellung von N umgrenzt. Aus der Figur geht unmittelbar hervor, daß ein Punkt aus der weißen Umgebung des Flecks, etwa R, dessen Bild in R' liegen würde, bei bestimmten Stellungen von N noch hinreichend Strahlen ausschickt, um sich dort, wo im Zerstreuungsbilde auf der Bildebene die „dunklen" Strahlen abgeblendet werden, als weißer Fleck geltend machen zu können. Man verfolge das für verschiedene Punkte R. Jedes Strahlenbündel, das von einem Punkte R kommt, wird dabei in zwei Teile zerlegt, von denen bei einer bestimmten Einstellung nur einer, vielleicht auch der nicht ganz, zur Bildung des weißen Streifens beitragen kann. Für die in der Fig. 1 angenommene Lage von N und für die dortige Einstellung würden fast nur Strahlen, die den Zentralstrahl geschnitten haben, in Betracht kommen. Die andern, die den Zentralstrahl nicht schneiden (in der Ebene der Figur oberhalb von N), liegen schon außerhalb des Abblendungsbezirks im Zerstreuungsbilde von $O\,O_1$, teilweise sogar außerhalb des Zerstreuungsbildes selbst.

Das weiße „Bild" der Nadel ist also eine Folge der Abblendung, die durch die Strahlenbegrenzung in bestimmter Weise reguliert wird. Bestimmte „dunkle" Strahlen

[1]) Diese Zeitschr. *XIII.*

[2]) Beim Auge ist die Eintrittspupille oder das Bild, das die Cornea von der wirklichen Pupille entwirft, um $^1/_8$ größer als diese und liegt von ihr 0,57 mm nach vorn. Die Austrittspupille oder das Bild, das die Augenlinse von der wirklichen Pupille entwirft, ist bei Akkommodationsruhe um $^1/_{18}$ größer als sie und liegt 0,112 mm hinter ihr.



im Zerstreuungsbilde fallen fort, an ihrer Stelle treten andere — aus der Umgebung des Flecks — um so mehr hervor. Dort, wo kein Abblendungsbezirk für die „dunklen" Strahlen besteht, und wo nicht zugleich „weiße" Strahlen Zugang haben, kann auch keine Abblendungserscheinung auftreten. Das weiße „Bild" ist dabei nicht das Bild der Nadel im gewöhnlichen Sinn des Wortes. Das ist als graues Zerstreuungsbild noch außer jener Abblendungserscheinung sichtbar, worauf Jung nicht hinweist. In Fig. 1 ist es nicht mitgezeichnet worden. Man erhält es, wenn man sich die Ebene denkt, in der das scharfe Bild von N liegen muß, und nach den Punkten dieses Bildes von den Rändern der Blende die Strahlen zieht. Die Durchstoßungspunkte dieser Strahlen in der *B.-E.* bestimmen den Umfang des eigentlichen Zerstreuungsbildes der Nadel.

Um etwas genauer in die Einzelheiten der Erscheinungen einzudringen, benutzen wir die Strecken und Flecke der Fig. 2a und führen eine Nadel langsam am Auge vorbei. Der Einstellungsfehler sei, wie bisher immer angenommen wurde, positiv, d. h. das Auge fixiere einen Punkt, der, von ihm aus gerechnet, jenseits des Schirmes mit seinen Strecken und Flecken liegt. Meistens gelingt es nach einiger Übung, diese Einstellung willkürlich zu vollziehen. Dort wo Mangel an Übung oder andere Faktoren willkürliche Akkommodationsänderungen verhindern, nimmt man am einfachsten statt des Kartons eine Glasplatte und bringt auf ihr die Objekte an. Das Auge hat dann die Möglichkeit, durch die Glasplatte hindurch einen bestimmten Punkt eines hinter ihr aufgestellten weißen Kartons zu fixieren. Die Glasplatte halte man ungefähr $1/2$ m von sich entfernt.

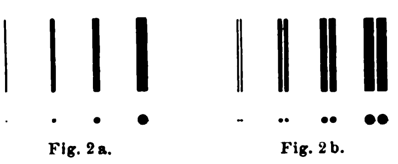


Fig. 2a. Fig. 2b.

Aus der Mannigfaltigkeit der Erscheinungen heben wir nur das Notwendige heraus. Die Nadel bewege sich von rechts nach links am Auge vorbei. Sehen wir Fig. 1 als Horizontalprojektion an, so würde N von oben nach unten auf der Zeichenebene verschoben zu denken sein.

Zunächst scheint der linke Rand des Bildes wegzuschrumpfen. Die Nadel blendet „dunkle" Strahlen[1]), die von O_1 ausgehen, ab, also Strahlen, die innerhalb des Auges den Zentralstrahl nicht schnitten. An dieser Stelle der Netzhaut können nun die „weißen" Strahlen aus der Nähe von O_1 zu ungehemmter Wirkung gelangen. Vielfach bemerkt man zugleich mit der Schrumpfung des Randes eine Vertiefung des Grau an derselben Seite der Objekte; besonders bei Objekten größerer Dicke tritt sie deutlich hervor. Das rührt daher, daß an dieser Stelle die Abblendung der „weißen" Strahlen aus der Umgebung von O_1 am größten ist. Rückt die Nadel weiter vor, so entsteht auf der linken Seite der Objekte eine feine graue Linie, die vom Rest des Zerstreuungsbildes der Objekte durch einen fast weißen Streifen getrennt ist. Die Abblendungserscheinung ist in diesem Stadium zur vollen Entwicklung gelangt. Auf den ersten Blick erscheint es überraschend, daß nicht zugleich auf der rechten Seite des Objekts eine ähnliche Erscheinung auftritt. Aber auch hierfür entnimmt man der Figur sehr bald die Erklärung. Die „weißen" Strahlenbündel, die aus Punkten der weißen Umgebung von O hervorgehen, werden ebenso wie die von O_1 eintreffenden durch die Einführung der Nadel in 2 Teile zerlegt. Nun fallen aber in der Hauptsache nur die Teile, die den Zentralstrahl schneiden und zunächst sehr klein sind, auf den Abblendungsbezirk im Zerstreuungsbilde von $O\,O_1$. Zugleich überdecken sie teilweise die Bündel, die von O_1 herrühren und den Zentralstrahl schneiden. So entsteht nur ein einziger weißer Eindruck als Folge der Abblendung. Die Strahlenbündel von O andrerseits, die den Zentralstrahl nicht

[1]) Die Ausdrucksweise ist wohl ohne weiteres verständlich.

schneiden und mächtig genug wären, eine Abblendungserscheinung hervorzurufen, liegen sehr bald außerhalb des Abblendungsbezirkes, bleiben also unwirksam.

Rückt N an der Pupille vorbei, so bewegt sich der weiße Streifen in entgegengesetztem Sinn über das Zerstreuungsbild der Objekte[1]), links immer mehr, rechts immer weniger von Grau eingefaßt. Bei diesem Wandern gesellen sich zu den „weißen" Strahlen aus der Nähe von O_1 immer mehr von solchen aus der Umgebung von O hinzu. Für die neu eintretenden fallen bisher wirksame aus, und so scheint der Streifen während des Wanderns derselbe zu bleiben.

Benutzt man die kräftigeren Objekte, so stellen sich sehr bald beim Beginn der Nadelbewegung zwei weiße Streifen ein, die eine tief geschwärzte Mittellinie zwischen sich lassen und nach außen von dünnen grauen Resten des Zerstreuungsbildes begrenzt sind[2]). Der erste ist der bisher beschriebene, der zweite bildet sich auf der rechten Seite des Eindrucks, um nach seiner vollen Entwicklung im festen Abstande vom ersten und in gleicher Richtung wie er, also entgegengesetzt der Nadelbewegung, vorwärtszurücken. Dabei wandert der linke Streifen nicht ganz über das Zerstreuungsbild hinweg. Je nach dem Durchmesser der Objekte verflüchtigt er sich an einer Stelle des Zerstreuungskreises. Wählt man endlich die Objekte noch größer, vielleicht noch größer als die größten der Fig. 2a, so treten die Abblendungserscheinungen zunächst nur an der rechten Seite auf, um zu verschwinden, und erst lange nachher tauchen sie auf der linken Seite auf. Bei diesen größeren und größten Durchmessern wachsen die Zerstreuungsbilder immer mehr. Denkt man sich dementsprechend die Strahlen auf der Bildseite immer divergenter, so wird die Bildebene schließlich in das schraffierte Dreieck der Fig. 1 fallen, in das bei jeder nur möglichen Lage von N weder aus der Umgebung von O noch aus der von O_1 Strahlen gelangen können. Daher die tiefe Schwärze dieser Bezirke. Tritt nun die Nadel vor die Pupille, so wirken jetzt die „weißen" Strahlen, die früher aneinander grenzten und teilweise sich überdeckten, getrennt. An dem Durchschnitt des schraffierten Dreiecks mit der Bildebene finden sie eine Grenze, bis zu der sie sich beiderseits entwickeln können, an der sie aber bei weiterem Vorrücken der Nadel verschwinden müssen. Trotz des auch im Dreieck bestehenden Abblendungsbezirkes kann in ihm keine Abblendungserscheinung auftreten, weil die „weißen" Strahlen keinen Zutritt haben. Man beobachtet dieses Stadium am besten, wenn die Nadel gerade mitten vor der Pupille steht, und die Durchmesser nur so groß sind, daß das Zerstreuungsbild der Nadel das des Objekts voll überdeckt. Daran hat man ja ein Zeichen dafür, daß von allen Teilen des Objektbildes bestimmte Strahlen abgeblendet werden. Werden endlich die Durchmesser der Objekte sehr groß, so deckt die Nadel bei ihrem Vorbeigehen zunächst nur Teile der rechten Objektseite ab. Die Strahlenbündel, die von O_1 ausgehen, werden von ihr nur in solchen Partieen getroffen, die außerhalb der Eintrittspupille auftreffen. Man erkennt das sofort daran, daß das Zerstreuungsbild der Nadel nur vor der rechten Seite des Objektbildes erscheint. Der Abblendungsbezirk liegt jetzt ganz einseitig auf der rechten Seite des Objekts. Wo aber keine „dunklen" Strahlen abgeblendet werden, kann auch keine Abblendungserscheinung auftreten[3]).

Macht man den Blendendurchmesser sehr klein, indem man während des Versuchs eine Karte mit kleiner Öffnung vor das Auge hält, so fallen die weißen Streifen

---

[1]) Unter Zerstreuungsbild schlechthin verstehen wir von jetzt an immer das der Objekte, niemals das der Nadel.

[2]) Die beiden Streifen erhält man ebenfalls bei objektiver Untersuchung der Abblendungserscheinungen.

[3]) Man berücksichtige, daß in Fig. 1 Pupillendurchmesser und Dicke der Nadel relativ groß angenommen sind.



vollständig fort. Die Strahlenkegel sind sehr schmal geworden, das Bild von $O\,O_1$ auf der Bildebene deshalb sehr scharf. Der Abblendungsbezirk für N ist beschränkt, wie Fig. 3 zeigt. Für seine Punkte ist — im Gegensatz zu früher — die Abblendung fast eine totale. Ebenso scharf begrenzt sind aber auch die Bilder von R und R_1[1]). Die „weißen" Strahlen finden also keinen Zutritt in den Abblendungsbezirk. Damit ist den Abblendungserscheinungen jede Möglichkeit des Entstehens genommen.

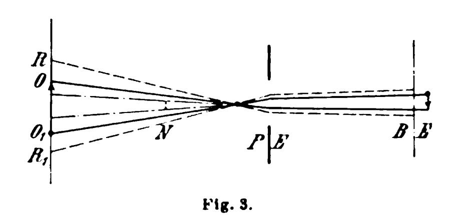


Fig. 3.

Ganz ähnliche Erscheinungen treten auf, wenn man die Versuche mit den runden Flecken anstellt. Sind deren Durchmesser groß — größer als die in Fig. 1a angegebenen — so tritt deutlich eine Formänderung des weißen Streifens auf: er wird mehr und mehr sichelförmig. Schließlich erhält man 2 Sicheln, von denen eine, die linke, sich im Inneren des Zerstreuungsbildes der Objekte verliert. Die Sichelform ist wiederum ein deutlicher Beleg dafür, daß man in den weißen Streifen kein eigentliches Bild der Nadel suchen darf. Zu ihrer Erklärung bedarf es nur der Berücksichtigung des Strahlengangs infolge seiner Begrenzung durch die Pupille. Denken wir uns die Nadel so weit vor dem Auge verschoben, daß ihr Zerstreuungsbild nahe am linken Rand des Flecks erscheint, so werden „schwarze" Strahlen, die von Punkten der Geraden $N\,N$ und deren näherer Umgebung herrühren (Fig. 4a),

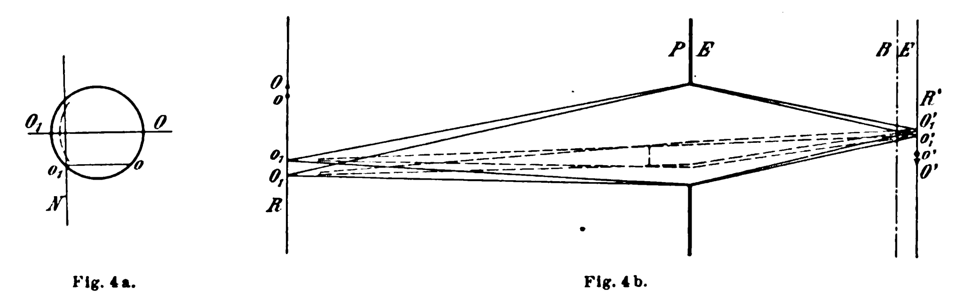


Fig. 4a. Fig. 4b.

abgeblendet. In Fig. 4b bedeuten nun *P.-E.* und *B.-E.* wieder wie früher die Horizontalprojektionen der Pupillen- und Bildebenen. Das Objekt, der Fleck, ist einmal in seinem größten Durchmesser $O\,O_1$, dann in einem tiefer gelegenen Schnitt $o\,o_1$ gezeichnet. Zunächst fassen wir die Erscheinungen ins Auge, die sich für den Durchmesser $O\,O_1$ ergeben müssen. In diesem Fall können nur „weiße" Strahlen links von O_1, also etwa von R, sich zur Geltung bringen. Handelt es sich dagegen um die Breite $o\,o_1$, so liegen schon dort, wo vorher O_1 sich befand, Ausgangszentren für Kegel „weißer" Strahlen. Im ersten Fall ist ferner der Abblendungsbezirk größer als im zweiten. Es sind also alle Bedingungen dafür gegeben, daß jedesmal die Netzhaut in anderen Punkten die Abblendungserscheinung erfährt. Denken wir nun das Gesamtbild durch die Pupillenmitte nach außen projiziert, so muß der „weiße" Streifen im Niveau $O\,O_1$ mehr nach links fallen als der im Niveau $o\,o_1$, d. h. der weiße Streifen erhält eine Sichelform, so ungefähr wie sie die gestrichelte Linie in 4a angibt.

Die Beobachtungen, die wir mitteilten, erhalten im feineren Detail für jeden Beobachter individuelle Abänderungen infolge der Aberrationen, der monochromatischen wie der chromatischen. Schon die relativ einfache Erscheinung des Zerstreuungskreises wird durch sie zu etwas ganz anderem, als man in der Regel mit dem Wort meint. Die Verteilung von Hell und Dunkel — es handelt sich zunächst

[1]) Weshalb die Nadel, wenn sie durch eine enge Öffnung betrachtet wird, vergrößert erscheint, hat Helmholtz dargestellt. Handbuch der physiologischen Optik, 2. Aufl. 1896, S. 119.

um die monochromatischen Aberrationen — kann sehr starke Asymmetrien zeigen, die Konturen entsprechen nur genähert denen des Objekts. Von letzterem überzeugt man sich am schnellsten, wenn man nach W. v. Bezold eine Reihe konzentrischer Kreise von 2—3 mm Dicke mit ebenso breiten Zwischenräumen auf weißer Unterlage zeichnet und sie bei positivem oder negativem Einstellungsfehler betrachtet. Die Kreisform ist dann stark beeinträchtigt durch Ein- und Ausbuchtungen. Die Größe des Einstellungsfehlers beeinflußt dabei nicht nur die Intensität des Lichtes, das auf einen bestimmten Bezirk fällt, sondern auch die Art der Lichtverteilung. Ein Bezirk der Netzhaut, der bei einem bestimmten Akkommodationszustand ein gewisses Quantum Licht zugeteilt erhält, bekommt bei einer neuen Einstellung nicht ohne weiteres soviel, als ihm bei regelmäßig bleibender Lichtverteilung zufallen würde, sondern unter Umständen erheblich mehr oder weniger. Sehr schön zeigen sich diese Verhältnisse schon bei Betrachtung des kleinsten Flecks in Fig. 2a. Verfolge ich etwas genauer, wie sich mit wachsendem positiven Einstellungsfehler aus ihm der Zerstreuungskreis allmählich entwickelt, so heben sich zum mindesten 2 Stadien deutlich heraus. Im ersten tritt eine Verdoppelung des Flecks auf (physiologische Diplopie); eine weiße Linie scheint ihn deutlich zuzeiten vertikal, zuzeiten von rechts oben nach links unten zu zerspalten. Die beiden Teile sind an Größe ungleich; der linke ist kleiner als der rechte. Im zweiten Stadium wächst die Größe des weißen Bezirks; an Stelle des Flecks erscheint eine graue, etwas bläuliche Kreisperipherie, die nicht von gleichmäßiger Dicke und Schwärze ist, sondern links oben ein dunkles Pünktchen trägt. Es liegt nicht im Interesse dieser Arbeit, auf solche Aberrationen näher einzugehen. Wir begnügen uns mit dem Hinweis, daß auch bei Eintritt einer Nadel in den Strahlengang ihr Einfluß unverkennbar ist.

Ebenso kurz nur können die chromatischen Aberrationen berührt werden. Die weißen Streifen, also die Abblendungsbilder, tragen für gewöhnlich rote Ränder, während die Reste der Zerstreuungsbilder der Objekte einen bläulichen Ton bekommen. Sehr auffällig ist eine Erscheinung bei den letzten Bildern der Fig. 2b. Dort erscheint bei Abblendung zwischen den Zerstreuungsbildern ein tiefblau gefärbter dunkler Strich bzw. Punkt, der mit demselben Recht als „Bild" der Nadel angesprochen werden könnte wie die beiden „weißen" Streifen. Nach einer kurzen Unterbrechung durch Weiß schließen sich diesem Strich Reste der dunklen Objekte an, deren Färbung jetzt rötlich ist. Es folgen die bekannten weißen Streifen und endlich — als Abschluß nach außen — je ein feiner dunkler, blau nuancierter Strich. Die Kompliziertheit dieser Erscheinung überrascht nicht mehr nach den früheren Konstruktionen des Strahlengangs. Eine Erörterung des Einzelnen würde zu weit führen.

Nach Jung ist der weiße Streifen — wohlverstanden der subjektiv gesehene, nicht der objektive in der Bildebene — ein umgekehrtes Bild der Nadel. An dieser Behauptung ist etwas Richtiges, aber ohne genaue Formulierung kann sie leicht zu Mißverständnissen führen. Wie wir bereits sahen, ist der Streifen überhaupt kein Bild der Nadel im eigentlichen Sinn. Man kann nur folgendes sagen: Wären die Punkte des Flecks Ausgangszentren „weißer" Strahlen, so würde der Abblendungsbezirk eine Reihe sich teilweise überdeckender Schattenbilder der Nadel zeigen (vgl. Fig. 5), deren Projektion nach außen ebensoviel sich überdeckende umgekehrte Schattenbilder liefern würde. In Wirklichkeit blendet die Nadel in jenem Bezirk „dunkle" Strahlen ab, und die Stellen erhalten ihre Erhellung von Strahlen, die selbst an jenen Stellen niemals eine Umkehrung hervorrufen könnten.

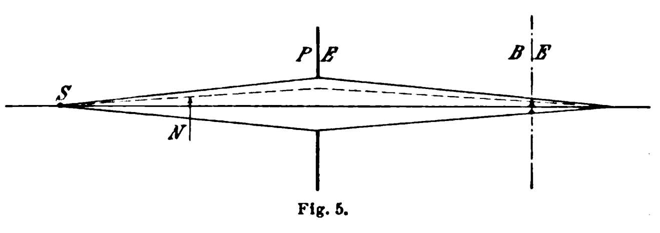


Fig. 5.

Tatsächlich ist es schwierig für mich, im Streifen die umgekehrten Verhältnisse wie bei der Nadel zu finden — wegen der Überdeckungen und Aberrationen. Ebensowenig zeigt sich bei negativem Einstellungsfehler, bei dem der Fixierpunkt zwischen Auge und Objekt liegt, ein aufrechtes „Bild“. Bei dieser Einstellung stört die Mikropie sehr. Die Erscheinungen laufen im übrigen den früheren parallel, nur daß Bewegungsrichtung und chromatische Aberrationen einen entgegengesetzten Sinn befolgen.

Aus dem Gesagten geht zugleich die Verschiedenheit der Bedingungen hervor, unter denen die Abblendungserscheinungen beim Sehen durch enge Öffnungen zustande kommen. Die Konstruktion der Bilder für alle die Fälle, die Jung in einer früheren Abhandlung eingehend besprochen hat, macht auch bei Berücksichtigung der Strahlenbegrenzung keine besonderen Schwierigkeiten. Fig. 5 gibt eine für viele. Der Einstellungsfehler ist wiederum positiv. Durch die Schirmöffnung S treten die Strahlen ein und entwerfen von N ein aufrechtes Schattenbild. Denkt man es durch die Pupillenmitte nach außen projiziert, so muß das Auge ein umgekehrtes Bild sehen. Besonders bei negativem Einstellungsfehler ergeben sich für mich infolge der Aberrationen, die sich bei dieser Beobachtungsweise sehr stark aufdrängen, bedeutende Abweichungen von dem, was nach der Konstruktion auftreten müßte.

Eine fahrbare und zerlegbare Schalttafel mit Experimentierwiderständen.

Von

Dr. **Wilhelm Brüsch** in Lübeck.

Die Wahl einer geeigneten Schalttafel und deren Platz im Lehrzimmer werden stets bei allen Neueinrichtungen physikalischer und chemischer Lehrräume eine wichtige Rolle spielen. Man kann nicht behaupten, daß diese Frage nach allen Richtungen hin vollständig geklärt sei. Jedoch ist man sich wohl darüber einig, daß die Schalttafel nach Möglichkeit nicht an der Wand hinter dem Experimentiertisch, sondern an einer der Seitenwände oder in der Ecke (schräg zur Längsrichtung des Experimentiertisches) angebracht werden soll. Man kann mit Recht noch weiter gehen, indem man fordert, daß die Schalttafel überhaupt nicht dauernd im Lehrzimmer sein soll. Diesen Wünschen wird von den Firmen durch fahrbare Schalttische Rechnung getragen, die ohne Zweifel wegen ihrer Handlichkeit große Vorzüge besitzen. Immerhin haben diese Tische mit den meisten fest angebrachten Schalttafeln den Nachteil gemein, daß man den Schüler nicht ganz leicht mit der Einrichtung, d. h. der Schaltung der einzelnen Teile und ihrer Wirkungsweise, bekannt machen kann. Auch ein Schaltungsschema hilft bei vielen Schülern nicht: Die ganze Einrichtung erscheint ihnen als etwas Geheimnisvolles. In technischer Hinsicht kommt noch hinzu, daß man bei Reparaturen nur durch Auseinandernehmen der ganzen Tafel oder des Tisches zu den fehlerhaften Stellen kommen kann. —

Diese Übelstände sucht die in Fig. 1 dargestellte Anordnung zu vermeiden und außerdem noch gewisse andere Vorteile dafür einzutauschen.

Die ganze Schalttafel hängt an einem auf kräftigen Rollen fahrbaren Gestell. Die Höhe und Breite des letzteren sind so gewählt, daß es durch alle Türen hindurchgefahren und so an jeder beliebigen Stelle, sei es nun im Lehrzimmer, im Vorbereitungszimmer, im Sammlungsraum oder im Laboratorium, aufgestellt werden kann. Die Möglichkeit der Verwendung der Schalttafel an allen Stellen, wo nur Steckdosen vorhanden sind, wird besonders für kleinere Anstalten, die mit beschränkten Mitteln zu rechnen haben, und an denen die Tafel tatsächlich nur zu gewissen Zeiten des Jahres im Lehrzimmer gebraucht wird, von großer Bequemlichkeit sein. Aber diese

Tafel läßt sich nicht nur fahren, sondern sie kann (mit Hilfe der an beiden Seiten angeordneten Handgriffe) unschwer vom Fahrgestell abgenommen und auf an passenden Stellen vorgesehenen Haken aufgehängt werden[1]). Es wird so von ihr weder vor noch auf dem Tische Platz beansprucht, und sie steht so dem Fachlehrer in Zeiten, wo sie im Unterricht überhaupt nicht benutzt wird, für umfangreichere Untersuchungen etc. zur Verfügung. — Man wird ferner einsehen, daß man der Schalttafel im Lehrzimmer jeden beliebigen Platz, also auch die für manche Zwecke besonders vorteilhafte schräge Stellung wird geben können. Sollte bei der Aufstellung an der Seitenwand das von der Tafel zum Tisch führende Kabel störend sein, so

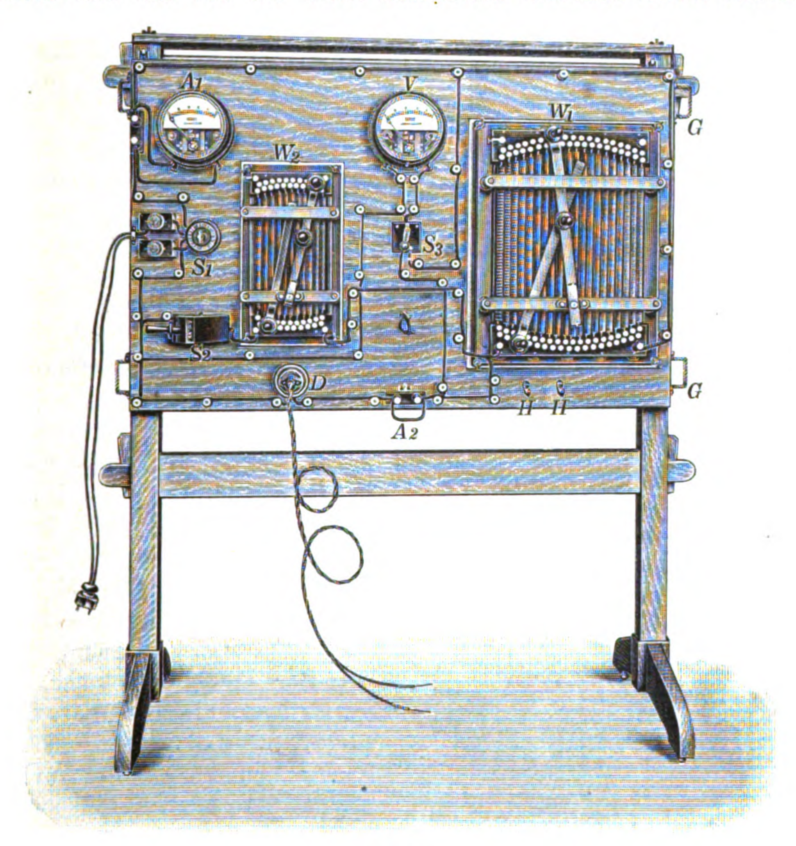


Fig. 1.

kann man, wie das im Physikzimmer des Johanneums zu Lübeck[2]) geschehen ist, außer der Steckdose für den Anschluß der Tafel an das Stromnetz noch eine vom Tisch zur Wand führende feste Leitung mit Stecker vorsehen, der eben statt des Kabelsteckers in die Dose der Schalttafel gesteckt wird.

Das ganze Fahrgestell läßt sich gleichfalls auseinandernehmen, da die einzelnen Teile nur durch Keile, oben durch Flügelschrauben miteinander verbunden sind. Man wird daher die ganze Anordnung auch in andere Stockwerke des Schulhauses, z. B. in die Aula, falls dort eine entsprechende Steckdose vorgesehen ist, oder auch in außerhalb des Schulgebäudes liegende Vortragsräume schaffen können.

Die Übersichtlichkeit der ganzen Schaltung auf dem Schaltbrette ist dadurch erreicht, daß alle Leitungen frei auf Isolationsrollen verlegt sowie ferner die Haupt-

[1]) Das Fahrgestell kann man dann auch zur Aufhängung einer gewöhnlichen Wandtafel oder einer Koordinatentafel benutzen.

[2]) Siehe die Programm-Beilage Nr. 901 (1907) des Johanneums zu Lübeck, S. 32 u. S. 42 Tafel 5.

leitung schwarz, die Nebenschlußleitung rot und die Spannungsleitung für das Voltmeter gelb lackiert sind. Die Widerstände (W_1 für die Hauptleitung, W_2 für den Nebenschluß, der durch S_2 geöffnet bzw. geschlossen wird) sind gleichfalls völlig frei sichtbar und, falls man die Tafel aus Holz wählt, mit Asbestunterlage versehen. Das Innere des Ampèremeters (A_1) und des Voltmeters (V) ist dadurch sichtbar gemacht, daß die Skalenscheibe im unteren Teile ausgeschnitten worden ist. Vermittelst eines kleinen Schalters (S_3) kann man das Voltmeter sowohl an das Netz als auch an den zu speisenden Apparat legen. Das Amperemeter (A_1) hat in der Regel seinen Platz oben links und mißt gewöhnlich die gesamte im Hauptkreise herrschende Stromstärke. An dem in Fig. 1 dargestellten Schaltbrett, das der Referent unter Beihilfe eines Monteurs selbst zusammengebaut hat, kann das Instrument zwecks Messungen in der Nutzleitung auch über den Klemmen bei A_2 angebracht werden. An den nach Besprechungen mit Max Kohl-Chemnitz von dieser Firma zu liefernden Exemplaren ist selbst diese Ortsveränderung nicht nötig, da zur Erzielung des angedeuteten Zweckes nur eine kleine Umänderung an dem unter dem Ampèremeter befindlichen Klemmbrett nötig ist. Die Klemmen bei A_2 können also jederzeit zum Anlegen eines feineren Instrumentes benutzt oder durch einen kleinen Kupferbügel kurz geschlossen werden[1]).

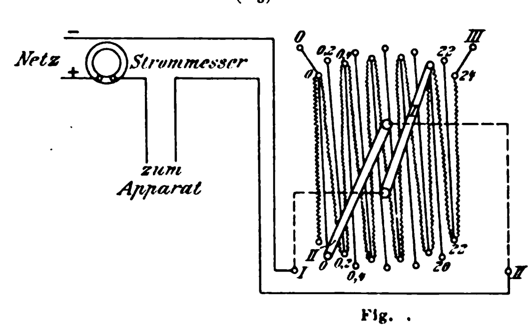


Fig. .

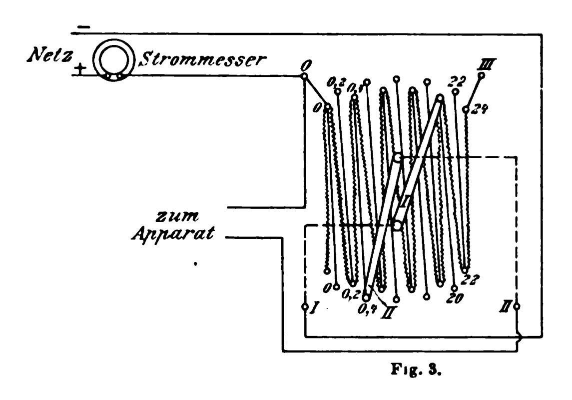


Fig. 3.

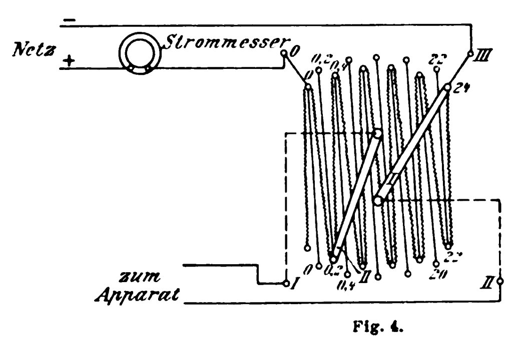


Fig. 4.

Wie man sieht, sind alle Apparate von der Tafel abnehmbar, da sie nur mit Flügelschrauben auf dem Grundbrette befestigt sind. Die Meßinstrumente befinden sich sogar schon auf kleinen mit Füßen versehenen Standbrettern; sie können also ohne weiteres auf den Experimentiertisch gestellt und so für alle möglichen Versuche benutzt werden. Ebenso kann man die Widerstände leicht lösen und auf den Tisch legen. In dem Bestreben, die Schalttafel möglichst weit zerlegbar zu machen, ging der Referent von der Erwägung aus, daß es zahlreiche Fälle im Unterricht gibt, in denen man wirklich keine Schalttafel, sondern nur einen Widerstand nötig hat. Bei festen Schalttafeln oder fahrbaren Schalttischen würde man demnach zur Beschaffung besonderer Widerstände und auch besonderer loser Meßinstrumente genötigt sein. Es ist, wie gesagt, immer der Gesichtspunkt festgehalten worden, die Beschaffung der notwendigen Apparate möglichst billig zu gestalten und trotzdem eine recht vielseitige Verwendung aller Teile zu ermöglichen. Es würde hier zu weit führen, wollte man alle Verwendungsmöglichkeiten einzeln aufzählen.

[1]) Eine nähere Beschreibung dieser „zerlegbaren Experimentierschalttafel" gibt die Mitteilung 33 der Firma Max Kohl-Chemnitz.

Aber auch die einzelnen Widerstände (W_1 und W_2) gestatten für sich eine recht mannigfache Verwendung. Man muß nämlich berücksichtigen, daß man es bei ihnen nicht mit gewöhnlichen Vorschaltewiderständen, sondern mit Spezialwiderständen zu tun hat. Während an der Schalttafel die vorgesehenen zwei Kurbeln den Vorteil bieten, daß man nicht nur in den höheren, sondern auch in den tieferen Stufen regulieren kann, dienen diese Kurbeln im Verein mit den vier Klemmen *0, I, II, III* dazu, diese Widerstände nicht nur als bloße Vorschaltwiderstände (Fig. 2), sondern auch als Abzweigwiderstände zur Entnahme beliebiger Stromstärken bei niedriger Spannung (Fig. 3) oder zur Entnahme kleiner Stromstärken bis 2 Ampere (Fig. 4) zu benutzen. Die Art und Weise, wie die Verbindungen für den jedesmaligen Zweck herzustellen sind, erläutern die Figuren 3—4. Näheres über diese Widerstände, ihre Widerstandsstufen und ihre Belastungsgrenzen ist aus der 18. Mitteilung der Firma Max Kohl-Chemnitz zu entnehmen. Es sei hier nur darauf hingewiesen, daß man, wie wohl einzusehen ist, jeden der Widerstände für sich an verschiedenen Orten oder auch beide zusammen — und dann noch zu vielerlei Schaltungen außer den in Fig. 3—4 wiedergegebenen — benutzen kann.

Im allgemeinen ist die Schalttafel für den Anschluß an 110 Volt Gleichstrom gedacht. Diese Spannung ist jedenfalls auch wohl für die Zwecke des Unterrichts und des Laboratoriums die geeignetste. Falls das Elektrizitätswerk Wechselstrom liefert, ist immer noch der Einbau rotierender Wechselstrom-Gleichstrom-Umformer der billigste und praktischste Weg. Ist die Spannung des Gleichstromnetzes 220 Volt, so kann man Widerstände anordnen, die ähnlich wirken wie der Widerstand W_2 als Nebenschluß an der Schalttafel, die jedoch recht viel nicht für Experimentierzwecke verwendeten Strom verzehren und so unwirtschaftlich sind. Ein Umformer, der Gleichstrom von 220 Volt in solchen von 110 Volt umwandelt, ist schon mehr zu empfehlen[1]). Vielleicht wird man auch den Vorschlag Professor Heims, rohe Bleiplattenzellen einzubauen[2]), benutzen können.

Es sei noch erwähnt, daß das fahrbare Schalttafelgestell, die zerlegbare Experimentierschalttafel und die Experimentierwiderstände mit zwei Kurbeln von der Firma Max Kohl-Chemnitz angefertigt und in den Handel gebracht werden.

Schulversuche über Magnetisierung und Hysteresis.

Von

Dipl.-Ing. **K. Hoerner** in Frankfurt a. M.

Das Verhalten der Luft und des Eisens als Träger magnetischer Kraftlinien wird in den Lehrbüchern, welche dem Unterrichte über Magnetismus und Elektrizität dienen, fast gar nicht experimentell erläutert. Meist werden die Erscheinungen der Sättigung und Hysteresis nur gestreift, manchmal an Hand einer Zeichnung von Magnetisierungskurven, welche ohne Einführung als gegeben hingestellt wird, kurz behandelt.

Bei der großen Bedeutung, welche m. E. eine auf Versuche gegründete Anschauung der Magnetisierungsvorgänge für das Verständnis des ganzen Gebietes des Magnetismus und Elektromagnetismus hat, dürfte es angebracht sein, den Ursachen dieses auffallenden Mangels an Versuchen nachzugehen. Im Folgenden sollen daher die bekannteren Anordnungen, welche eine Bestimmung des magnetischen Verhaltens der Feldträger bei Veränderung der magnetisierenden Kraft bezwecken, nach ihrer

[1]) Siehe auch das vorhin genannte Programm S. 29.

[2]) Siehe Elektrotechnische Zeitschrift 1908, Nr. 2, S. 24, 2. Spalte, 2. Absatz.



Eignung für Schulversuche besprochen werden. Als Gesichtspunkt für die Beurteilung soll dabei die Forderung gelten, durch möglichst einfachen Apparat und Versuch den Verlauf der durch eine stromdurchflossene Spule hervorgerufenen Magnetisierung von Eisen und Luft feststellen zu können.

Zunächst scheiden für unsere Betrachtung aus der großen Zahl der Apparate, welche wissenschaftlichen oder technischen Zwecken dienen, diejenigen aus, welche nach Methode und Aufbau nicht übersichtlich genug sind oder wegen ihres hohen Preises nicht in Betracht kommen können. Hierher gehört die Untersuchung des Feldes mit der Wismutspirale, da die Bestimmung der Widerstandsänderung derselben — bekanntlich ein Maß für die Stärke des Feldes — zu umständlich ist. Weiter wäre hier zu erwähnen der Apparat von Köpsel, dessen Angaben auf dem Drehmoment, das eine stromdurchflossene Spule im Felde erfährt, beruhen. Zwar gestaltet sich hier die Messung sehr einfach, jedoch ist der Apparat für den vorliegenden Zweck zu teuer und unübersichtlich. Das gleiche gilt für die Wage von du Bois als fertigen Apparat.

Eine Reihe von Anordnungen benutzen das Magnetometer; sie beanspruchen für die Messung viel Zeit und sorgfältige Fernhaltung jeder Störung durch Ströme oder Eisenmassen sowie bei einer größeren Zahl von Beobachtern die Anwendung eines Lichtzeigers. Am geeignetsten erscheint noch die Kompensations-(Null-)Methode, bei welcher die Ablenkung, die eine mit dem Probestab versehene Spule einer Magnetnadel erteilt, durch eine zweite Spule ohne Kern kompensiert wird, so daß die Hysteresiskurve durch je zwei zusammengehörige Ablesungen an den Amperemetern gegeben ist.

Aus methodischen Gründen scheiden die verschiedenen Anordnungen aus, welche den durch Veränderung des Feldes in einer Spule induzierten Strom zur Messung (mittels ballistischen Galvanometers) benutzen. Man wird nicht gerne dem einfachen Versuch zuliebe die erst in späterer Zeit zu behandelnde Erscheinung der „elektrischen Induktion“ vorwegnehmen.

In einer weiteren Gruppe kann man die verschiedenen Anordnungen zusammenfassen, welche die von einer Spule auf ein Eisenstück ausgeübte Zugkraft zur Messung der Induktion im Eisen benutzen. Sofern nicht ein geeichter Apparat wie die oben erwähnte Wage von du Bois verwendet wird, sondern der Versuch mit einfachen Hilfsmitteln besonders aufgebaut wird, kommt als Nachteil in Betracht, daß die Beziehung: „Zugkraft proportional dem Quadrat der Induktion“ vorausgesetzt und zur Auswertung benutzt werden muß. Soll dann das Verhalten der Luft als Feldträger demjenigen des Eisens gegenübergestellt werden, so muß an Stelle des Eisenkerns eine von konstantem Strom durchflossene Spule gebracht werden, was auch nicht für die Anwendung der Methode spricht.

Die wirkungsvollste Versuchsanordnung, nämlich die objektive Demonstration der Hysteresiskurve, kann durch Verwendung einer großen Braunschen Röhre oder zweier Wehneltscher Oszillographen erreicht werden, doch werden diese Apparate vorläufig noch in wenigen Instituten vorhanden sein. Im ersteren Falle[1]) werden in der Senkrechten zu beiden Seiten der liegenden Röhre je eine Spule ohne Kern, in der Wagrechten solche mit geringerer Windungszahl mit dem gewählten Feldträger aufgestellt und sämtliche vier Spulen in Serie geschaltet, so daß die Ablenkung des Kathodenstrahles in der Wagrechten dem Magnetisierungsstrom, diejenigen in der Senkrechten der Induktion entspricht. Verändert man den Strom nach Größe und Sinn genügend rasch, so zeigt sich dem Beschauer ein vollständiges Bild der Hysteresiskurve. — Größere Bilder kann man mit 2 Oszillographen[2]) erhalten. Die

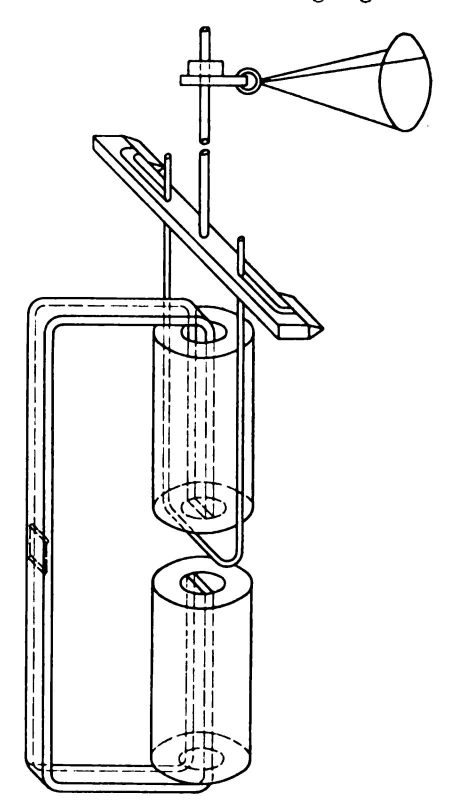
[1]) vgl. Angström, Physik. L. I, 121.

[2]) vgl. Wittmann, Elektrot. Zeitschr. 1904, 885.



Magnetspulen des ersten und die Schleife des zweiten werden mit konstantem Strom beschickt; der zweite besitzt als Kern der Magnetspulen den zu untersuchenden Feldträger, ein Teil des Erregerstromes desselben fließt durch die Schleife des ersten. Die beiden Oszillographen werden so aufgestellt, daß ein hintereinander von den beiden Spiegeln reflektierter Lichtstrahl bei Einschaltung des Stromes durch den ersten wagrecht, durch den zweiten senkrecht abgelenkt wird; man erhält dann auf einem Schirm das gleiche Bild wie bei der Braunschen Röhre. Als Nachteil wäre hier anzuführen, daß es bei Verwendung der Luft als Feldträger schwer ist, ein genügend starkes Feld zu erhalten.

Der eingangs aufgestellten Forderung genügt also keiner der aufgezählten Apparate vollständig, so daß man sich auf die Suche nach einer anderen geeigneten Anordnung begeben muß. — Sehr nahe liegt es, die Abstoßung eines an einem Ende pendelnd aufgehängten magnetisierten Stahldrahtes durch eine Spule zu messen, jedoch gibt dieser Versuch, auch bei Anwendung einer langen Spule und langer Aufhängung, keine befriedigenden Ergebnisse. Besonders stört der Umstand, daß bei Verwendung eines Eisenkerns der Zeiger bei der Induktion Null angezogen wird, dagegen ist als Vorzug hervorzuheben, daß die Ablesung der durch die Induktion bedingten Größe, der Ablenkung des Magneten, auf große Entfernung möglich ist.



Ebenso mangelhaft, aber immerhin verwendbar ist eine Anordnung, welche sich an die von H. Ebert in seinem Buche „Magnetische Kraftfelder“ zur Messung des Feldes eines geraden Leiters verwendete anlehnt. Ein dünner Magnetstab wird wagrecht im Gleichgewicht so aufgehängt, daß er sich in einer senkrechten Ebene drehen kann, unter einem Pol wird die Versuchsspule mit senkrechter Achse aufgestellt, die bei Stromschluß auftretende Ablenkung des Magneten durch Anbringen von Gewichten ausgeglichen. Um stabiles Gleichgewicht zu erhalten, muß der Magnetpol über der Spule von dieser abgestoßen werden, dabei tritt aber Entmagnetisierung ein, welche die Meßwerte unsicher macht. Bei der Messung mit Eisenkern tritt der gleiche Fehler wie bei dem vorhergehend angeführten Versuch auf.

Die zuletzt erwähnten Fehlerquellen werden vermieden, wenn man an Stelle des Magneten einen stromdurchflossenen Leiter verwendet; dabei dürfte sich die im folgenden erläuterte Ausführung empfehlen. Der Stromleiter bildet, wie es die Skizze angibt, einen Teil einer ausbalancierten Wage und wird so zwischen zwei Spulen gebracht, daß er sich nach oben und unten bewegen kann. Er wird durch Vermittlung von Quecksilberkontakten mit konstantem Strom beschickt; die beiden Spulen werden so geschaltet, daß bei Stromschluß der Leiter durch das Feld nach unten getrieben wird. Die zur Herstellung des Gleichgewichtes auf die Wagschale zu legenden Gewichte sind dann bekanntlich ein Maß für die Stärke des Feldes, geben also, in Abhängigkeit von dem Erregerstrom in ein Koordinatensystem aufgetragen, die Magnetisierungskurve; bei Verwendung der Spulen ohne Kern also eine Gerade, welche durch den Nullpunkt geht. Um die Magnetisierungskurve von



Weicheisen oder Stahl zu bestimmen, wird von diesem Material ein Joch aus 2 hufeisenförmigen Stücken gebildet, das so bemessen ist, daß zwischen den Spulen ein schmaler Spalt (in der Figur ist derselbe der Deutlichkeit wegen übermäßig breit gezeichnet) zur freien Bewegung des Leiters bleibt, während die anderen Enden der Eisenstücke sich überlappen und irgendwie zusammengepreßt werden. Da die Kraftlinien dann bis auf den schmalen Luftspalt ganz in Eisen verlaufen, so ergibt die Messung mit geringem Fehler (der durch Rechnung bestimmt werden kann) die Induktion im Kern. Um starke Sättigung, also starke Biegung der Kurve zu erreichen, muß der Eisenquerschnitt sehr gering gewählt werden. In den Erregerstromkreis bringt man einen Stromwender und magnetisiert vor dem Versuch in entgegengesetztem Sinn, so daß man dann eine vollständige Hälfte der Hysteresiskurve, von der Induktion Null, bei entsprechend positivem Strom, aufsteigend bis zum Höchstwert und zurück zur Induktion Null bei negativem Strom (Koerzitivkraft), aufnehmen kann.

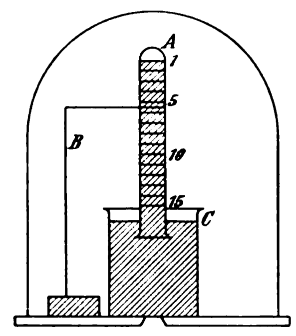
Die zuletzt besprochene Versuchsanordnung erscheint also am geeignetsten zu einfacher Demonstration der Magnetisierung von Luft und Eisen.

Kleine Mitteilungen.

Nachweis des Mariotteschen Gesetzes für verdünnte Gase.

Von Prof. Dr. **Penseler** in Blankenese.

Das Mariottesche Gesetz bei verdünnten Gasen läßt sich durch folgenden bekannten Luftpumpenversuch leicht nachweisen. Unter den Rezipienten der Luftpumpe wird ein mit Wasser gefülltes Becherglas gestellt, in das mit dem offnen Ende ein nicht ganz mit Wasser angefüllter Probierzylinder getaucht wird, der durch den Drahtbügel *B* so gehalten wird, wie die Figur andeutet. Oben im Zylinder bildet sich ein kleiner Luftraum *A*, der etwa 2 ccm betragen möge. Bevor man den Probierzylinder unter den Rezipienten bringt, versieht man ihn mit einer Skala, die gleiche Raumteile, z. B. 2 ccm, angibt. Die Teilung kann zweckmäßig durch dünne, aber gut sichtbare Fäden markiert werden, die man um den Zylinder gebunden hat. Da die Wassersäule *AC* im Probierrohr wegen ihrer geringen Länge vernachlässigt werden darf, steht die Luftmasse *A* unter dem Drucke einer Atmosphäre, die man vor Beginn des Versuches z. B. auf 76 cm Quecksilber festgestellt hat. Wird nun die Luft im Rezipienten verdünnt, so dehnt sich die Luftmasse *A* aus; der Wasserspiegel im Rohre sinkt. Zeigt z. B. das Manometer der Luftpumpe einen Druck von 19 cm Quecksilber oder $^1/_4$ Atmosphäre an, so steht das Wasser beim Teilstrich 4, d. h. die Luft im Probierrohr hat den vierfachen Raum angenommen.



Folgende Übersicht gibt den Zusammenhang zwischen dem Druck im Rezipienten und dem Volumen der abgeschlossenen Luftmenge an:

Teilstrich	1	entspricht	einem Druck	von	76	cm Quecksilber
„	2	„	„	„	38	„ „
„	3	„	„	„	25,3	„ „
„	4	„	„	„	19	„ „
„	5	„	„	„	15,2	„ „
„	6	„	„	„	12,7	„ „

usw.

Damit der Wasserspiegel im Probierglase sich gut abhebt, verwendet man zweckmäßig gefärbtes Wasser.

Einfache Versuche über Luftwirbel.

Von **V. L. Rosenberg** in St. Petersburg.

1. Die Zyklone. In einer geräumigen dreihalsigen Flasche (von $1^{1}/_{2}$—2 Liter) werden beide Seitenhälse luftdicht durch Gummipfropfen geschlossen, durch welche zwei kurze Glasröhren (*a* und *b*, Fig. 1) geführt sind. Die inneren Enden dieser Röhren sind rechtwinklig umgebogen und entgegengesetzt parallel gerichtet. Vermittelst eines langen, bis auf den Flaschenboden reichenden Glasrohres, das mit einem Gummischlauch versehen ist, wird durch den mittleren Hals langsam Rauch in die Flasche geblasen, bis die Rauchschicht am Boden etwa 2 cm hoch ist. Darauf wird der mittlere Hals durch einen Gummipfropfen geschlossen, durch den ein kurzes Glasrohr geführt ist, das mit einem Gummischlauch verbunden ist. Wird nun durch diesen Luft aus der Flasche gesaugt, so bilden die durch die Seitenröhren eintretenden Luftströme einen Wirbel, der sich nach unten fortsetzt und schließlich einen deutlich sichtbaren Rauchwirbel erzeugt, der eine Zyklone veranschaulicht.

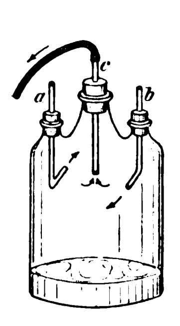


Fig. 1.

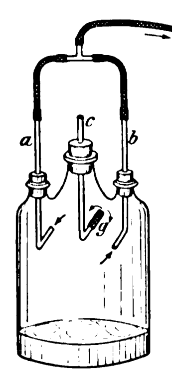


Fig. 2.

2. Die Antizyklone. Dieselbe Wulfsche Flasche kann auch zur Demonstration der Antizyklone dienen. In diesem Falle braucht man nur die beiden Seitenrohre durch Gummischläuche mit einem T-Rohr zu verbinden, dessen mittlerer Ansatz mit einem Gummischlauch versehen ist (Fig. 2). Nach dem Einblasen des Rauches (s. o.) wird der Gummipfropf aufgesetzt, durch den ein kurzes Glasrohr geführt ist; dieses hat innen einen kurzen, rechtwinklig gebogenen Schenkel, auf den ein Stück Gummischlauch so aufgeschoben ist, daß das freie Ende fast die Gefäßwand berührt. Saugt man jetzt durch den Schlauch des T-Rohres, so bildet sich in der Gefäßmitte ein relatives Maximum. Der jetzt entstehende Rauchwirbel entspricht der Antizyklone.

Strömungen bei Diffusion in Glyzerin.

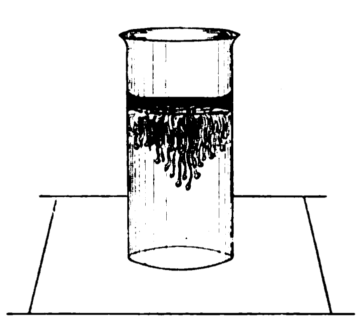
Von **H. Rebenstorff** in Dresden.

Die Mitteilung von Bosse über besonders schnelle Diffusion von Kupfervitriol in Glyzerin (ds. Zeitschr. *X 248*; s. auch Frick-Lehmann, *Physikal. Technik, 7. Aufl., I 2, S. 853*) enthält nur das, was als Wirkung der Diffusion nach längerer Zeit an den übereinander geschichteten Flüssigkeiten gesehen wird. Bleibt man aber nach Ansetzen des Versuches beobachtend, so erfährt man die Ursache der so rätselhaft schnellen Diffusion.

Bemerkt sei, daß man die eigenartigen, zu schildernden Erscheinungen sowohl nach Einbringen der Flüssigkeiten übereinander in einen Schenkel des „gefüllt bleibenden" Hebers, als auch nach Art des erwähnten Verfassers beobachten kann. Für die Aufstellung in kleinen offenen Gefäßen ist es wohl das bequemste, ihrer Standfestigkeit wegen, Wägegläschen zu verwenden. Infolge der Zähflüssigkeit des Glyzerins ist es besonders leicht, die Kupfervitriollösung aus der Pipette an der Glaswand oberhalb des Glyzerins langsam so darüberfließen zu lassen, daß eine scharfe Trennungsfläche entsteht. Das benutzte Glyzerin hatte ein spezifisches Gewicht von 1,23. Die Dichten der blauen Lösungen lagen um 1,19 herum.

Bei besonderer Annäherung an die Dichte des Glyzerins sieht man an der Trennungsfläche der Flüssigkeiten die obere schon nach $^{1}/_{4}$ Minute sich an einzelnen

Punkten vorwölben. Runde Ballen der gefärbten Lösung von Millimeter Größe senken sich hierauf langsam, indem sie einen farblosen Schweif hinter sich herziehen. Dieser erscheint als eine Schliere von geringerer Dichte. An einigen Punkten wandert er nicht mit nach unten, sondern zeigt ein geringes Emporsteigen, wodurch oft deutliche Schlängelungen entstehen (s. Figur). Durch die herabsinkenden kleinen blauen Keulenköpfe wird das Glyzerin in der Tiefe bald bläulich (scheinbar schnellere Diffusion). Noch etwas deutlicher sieht man die gleichen Erscheinungen bei Verwendung des etwas intensiver gefärbten Kobaltchlorürs. Die konzentrierte Lösung davon ist freilich erheblich schwerer als Glyzerin. Man verdünnt deshalb bis zu etwas geringerer Dichte (etwa 1,2)[1]).



Das Herabsinken der anfänglich leichteren Salzlösung mit Nachziehen eines Schweifes von dünnerer Beschaffenheit erklärt sich durch die Diffusion des Wassers in das Glyzerin hinein. Dieses vermischt sich ja in allen Verhältnissen mit Glyzerin, während die Auflösung von Metallsalz unter den Umständen des Versuches nur sehr langsam und in geringem Grade vor sich geht. An der Grenze des Glyzerins wird daher die Salzlösung bald schwerer als Glyzerin; ein labiler Zustand wird hier und dort beseitigt, besonders wohl da, wo Staubpartikelchen an der Grenzfläche etwas einsinken, und die schwerer gewordene Salzlösung wölbt sich an allmählich immer zahlreicher werdenden Stellen in das Glyzerin hinein. Die etwas wasserreicher gewordenen begrenzenden Glyzerinschichten steigen dabei um die Vorwölbung herum aufwärts und bilden, während sie sich um die sinkenden Keulchen herum ergänzen, den lichteren Schweif derselben.

Auch erheblich weniger dichte Salzlösungen (von etwa 1,1 spez. Gew.) zeigen Ähnliches, freilich mit Beginn der Konvektionen erst nach etwa 10 Minuten und in meistens nicht so scharf abgegrenzten Formen. Man sieht vielfach nur in der Mitte des Gläschens ein Bündel sehr zahlreicher und feiner Schlieren in Abwärtsbewegung. Die sinkenden Anteile der Lösung sind für Kupfervitriol übersättigt. Erst in der Tiefe vermischen sie sich gründlicher mit dem Glyzerin. Die während des Sinkens gleichsam abgestreiften Teile des Schweifes sind fast oder ganz farblos.

Glyzerin ist ein Lösungsmittel für zahlreiche Salze, freilich sehr ungewöhnlicher Art, was die Entstehung der Lösungen anbetrifft. Nach Guthrie (*Phil. Mag.* [*5*] *VI* (*1878*), *105*) tritt Glyzerin an die Stelle des Kristallwassers zahlreicher Salze. Die a. a. O. beschriebene schön grüne Lösung von Kupfersulfat in Glyzerin konnte beim Stehenlassen weder des sehr fein gepulverten kristallisierten Salzes, noch der wasserfrei gemachten Substanz trotz öfteren Umrührens erhalten werden. Das käufliche, etwas wasserhaltige Glyzerin wurde nur schwach bläulich und in der Tiefe, wohl durch schwebende feste Teilchen, mit beginnender Umwandlung etwas grünlich. Die weißlich gebliebenen wasserfreien Sulfatteilchen bildeten einen Bodensatz von dicklicher Beschaffenheit. Die Substanz erinnerte insofern an totgebrannten Kalk, als bei Wasserzusatz keine Aufnahme durch die sonst so lebhaft reagierende anhydrische Masse erfolgte. Erst als in einem weithalsigen Gläschen Glyzerin und Sulfat bis zum Versieden der Wasserreste erhitzt wurden, entstand die grüne Lösung. In der Hitze dünnflüssig, wurde sie beim Abkühlen eine zähe Masse, die lange, klar durchsichtige grüne Fäden ausziehen ließ. Ein eingetauchter und wagerecht frei hin-

[1]) Bei der Kleinheit der nur erforderlichen Lösungsmengen findet hierbei am besten die schnelle Dichtebestimmung mit der 1 ccm-Pipette auf der chemischen Wage Verwendung; vgl. Ostwald-Luther, *Handbuch der phys.-chem. Messungen.*

gelegter Glasstab zeigt ein überaus langwieriges Abrinnen feinster und stark grün gefärbter Fäden.

Bringt man aus der Pipette starke Kobaltchlorürlösung auf den Boden eines Gläschens mit Glyzerin, so ist dieses nach einem Tage ebenfalls schwach rosa gefärbt. Diffusion hätte auch hierbei wohl nicht allein die Überführung auf mehrere cm hervorbringen können. Nimmt die unterste Schicht von Glyzerin Wasser auf, so entstehen aufsteigende Konvektionsströme, die das in geringem Grade eindringende Salz mit emporführen. Bisweilen verblieb die oberste Schicht des Glyzerins ziemlich farblos. Hier war aus der wohl besonders feuchten Zimmerluft durch das schwach hygroskopische Glyzerin etwas Wasser aufgenommen und infolge Leichterwerdens der Oberflächenschicht den aufsteigenden Strömen ein früheres Ziel gesetzt worden.

Ein fesselndes Bild gibt die Vorführung der zu Konvektionsströmen führenden Diffusion der auf Glyzerin geschichteten Salzlösung als Projektionsversuch. Am einfachsten füllt man ein in der Optik verwendetes Absorptionskästchen (M. Kohl Nr. 23499) von 1 cm Breite halb mit Glyzerin und läßt nach dem Bildeinstellen etwas Kobaltchlorürlösung von geeigneter Konzentration aus einer kurzen Pipette an der Glaswand über das Glyzerin langsam (wenigstens zu Anfang) herabrinnen. Alle interessanten Einzelheiten der im Bilde aufwärts gehenden Konvektionen, von der Vorwölbung der roten Flüssigkeit zur Ausbildung der gespensterähnlichen Gebilde mit ihren das Licht verschieden brechenden Teilen und dem stellenweisen Rückwärtsgehen der zarten farblosen Schweifstücke können in der Zeit weniger Minuten genau verfolgt werden. Mit als Wirkung der Oberflächenspannung ist das bisweilen zu beobachtende ziemlich lebhafte Zusammenfließen zweier Keulenköpfchen anzusehen; das eine überholt nicht selten ein anderes und dringt darin ein. Nicht ganz so günstig projiziert man die Erscheinungen in Wägegläschen, auch infolge Überdeckens von hintereinander befindlichen Stromformen. Um ein Wägegläschen, besonders für das Anlegen der Pipette, stabiler zu machen, befestigt man es auf einem Stück Bleiplatte von 1—2 mm. Dahinter kommt ein verschiebbar bleibendes gleiches Gläschen mit genügend viel Glyzerin. In einigen Millimeter Abstand nach der Lichtquelle hin hebt es die störende Lichtbrechung bei Verwendung eines zylindrischen Gefäßes allein z. T. auf (vgl. die Anordnungen von Reiff, ds. Zeitschr. *XVIII 349*). Der Vollständigkeit wegen kann man in solchen Gläschen auch das Verhalten von Kobaltlösung vorführen, die etwas schwerer als das Glyzerin ist. Bei kleinem Dichtenunterschied breitet sich die Lösung auf der zähen Flüssigkeit vielfach zunächst eben aus. Läßt man sie zuletzt mit etwas mehr Gefälle in das Glyzerin tiefer rinnen, so entstehen sehr schöne herabsinkende Tropfenformen, die ebenfalls einen lichten Schweif nachziehen, in dem aber jetzt von Zeit zu Zeit neue rote Tropfen, beiderseits spindelförmig in den Schweif hinein zugespitzt, nachfolgen.

Nach Auffindung der beschriebenen Konvektionsströme kann man das durch Diffusion nur eingeleitete schnelle Vermischen von Glyzerin mit Salzlösungen nicht mehr als Diffusion schlechthin bezeichnen.

Ein Luftthermometer für Schulzwecke.

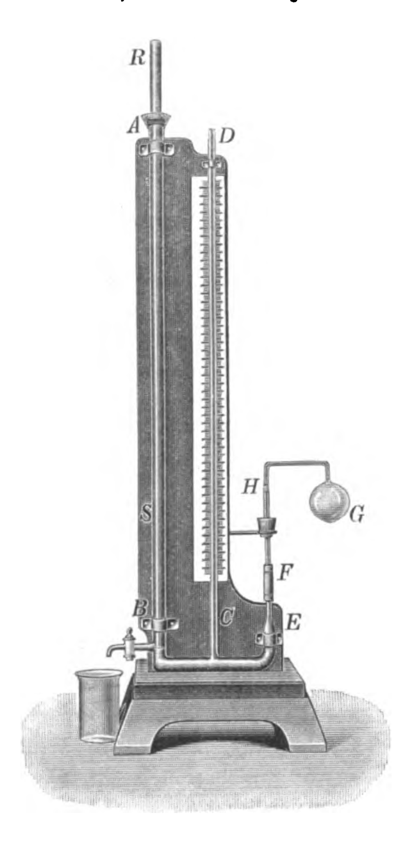
Von Professor Dr. **Schlamp**, Darmstadt.

Für die Bestimmung des Ausdehnungskoeffizienten der Luft und für Temperaturmessungen hat sich ein Luftthermometer, das die aus der Figur ersichtliche Form hat, die ohne große Kosten hergestellt werden kann, gut bewährt[1]).

[1]) Die Firma Ehrhardt & Metzger Nachfolger in Darmstadt hat den Apparat nach meinen Angaben angefertigt.



AB ist ein Glasrohr, 800 mm hoch und 27 mm weit, unten mit einem Hahn versehen, damit man Quecksilber nach Bedarf ausfließen lassen kann. Mit *AB* steht ein engeres Rohr *CD*, 3 mm weit, hinter dem sich eine Skala befindet, in Verbindung und außerdem noch die nach oben enger werdende Röhre *EF*. Durch ein Stück Luftpumpenschlauch ist eine zweimal rechtwinklig gebogene Röhre mit der Glaskugel *G* angeschlossen. Man kann also die Glaskugel, wenn sie beschädigt wird, leicht auswechseln. Bei *H*, wo sich das Kapillarrohr nach unten erweitert, befindet sich eine Marke in der Höhe des Nullpunktes der Skala. *EH* ist ungefähr 250 mm hoch. Um den Apparat gebrauchsfähig zu machen, füllt man soviel Quecksilber ein, daß es ungefähr bis zur Marke *H* reicht, wenn die Kugel sich in schmelzendem Eis befindet. Die genauere Einstellung erreicht man durch Eintauchen der Röhre *R*S, die mittels eines Korkstopfens in *AB* festgehalten wird. So habe ich bei 0° den Druck $H_0 = 713{,}5$ mm festgestellt, bei der Temperatur des kochenden Wassers (99,71°) den Druck $H = 971{,}7$ mm. Sämtliche Drucke sind auf 0° reduziert. Hieraus findet man ohne Berücksichtigung der Ausdehnung des Glases für den Ausdehnungskoeffizienten der trocknen Luft 0,00363, mit Berücksichtigung derselben 0,00367. Nach beendetem Versuch empfiehlt es sich, den größten Teil des Quecksilbers durch den Hahn ausfließen zu lassen.



Eine neue optische Täuschung.

Von **V. L. Rosenberg** in St. Petersburg.

Bei diesem Versuche handelt es sich um die scheinbare Umkehrung der Stellung eines ungleichmäßig beleuchteten Objektes. Fig. 1 zeigt die schematische Skizze einer Petroleumlampe, die mit einem vierkantigen Blechschirm versehen ist. Die innere Fläche des Schirmes ist weiß lackiert. Visiert man durch ein enges Röhrchen (ev.

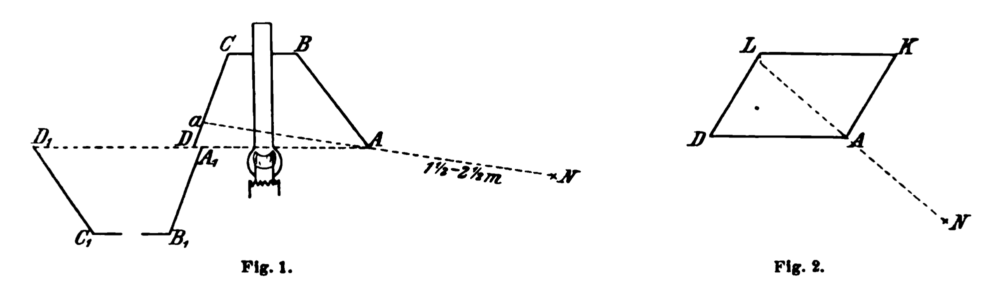


Fig. 1. Fig. 2.

durch die hohle Faust) aus einer Entfernung von $1\frac{1}{2}$—$2\frac{1}{2}$ m so auf die untere Kante der Vorderseite des Schirmes, daß ein Streifen der hinteren Innenfläche (*a D*, Fig. 1) sichtbar ist und auf die gegenüberstehende Wand projiziert erscheint, so wird — nach etwa 2 Minuten (oft schon früher) — hinter der Flamme ein umgekehrtes Bild $A_1 B_1 C_1 D_1$ des Lampenschirmes auftreten.

Zum Gelingen dieses Versuches (den durchschnittlich von 5 Personen 3 deutlich wahrnehmen können) ist es nötig, daß der obere Rand der Flamme ein wenig tiefer ist als der Rand des Schirmes; auch ist es vorteilhaft, wenn der Beobachter in sitzender Stellung den Ellbogen der Hand, die das Röhrchen hält, fest auf einen Tisch stützt und mit der freien Hand das andere Auge bedeckt (ohne es zu schließen). Am günstigsten ist es, wenn man auf eine Ecke des Schirmes etwas nach oben visiert (von N nach A, Fig. 2), wobei die unteren Kanten ein schiefes Parallelogramm bilden ($A\,D\,L\,K$).

Die Brewsterschen Interferenzstreifen.

Von **Wilhelm Volkmann** in Berlin.

Zur Einführung in die Interferenz des Lichtes dient den Lehrbüchern seit alters her der Fresnelsche Spiegelversuch. Da bei ihm nur die beiden einander berührenden Spiegelränder in Wirksamkeit treten, so kann man den Einwand nicht abweisen, daß Beugungen an diesen beiden Kanten ganz erheblichen Anteil an der Erscheinung haben. Wenn nun auch eingehende Untersuchungen, besonders von H. Struve, gezeigt haben, daß die Entstellung der Erscheinung durch die Beugung nur in besonders ungünstigen Fällen beträchtlich ist, so haben sie doch die Berechtigung des angeführten Einwandes unter allen Umständen erwiesen. Eine reine, nicht durch Beugung entstellte Interferenzerscheinung ganz derselben Natur, wie sie bei dem Spiegelversuch auftreten soll, haben wir in den Brewsterschen Streifen, und J. Classen[1]) hat vor einigen Jahren auf die Bedingungen aufmerksam gemacht, unter denen diese Streifen mit sehr einfachen Mitteln objektiv in höchst glänzender Weise erzeugt werden können. Die folgende Mitteilung soll nur ein kleines Hilfsmittel beschreiben, durch das die Ausführung des Classenschen Versuches sehr erleichtert wird.



Fig. 1.

Zu dem Versuch braucht man zwei genau gleich dicke Stückchen guten Spiegelglases, sie werden aus einem Stück geschnitten, das man mit dem auf Seite 37 des 22. Bandes beschriebenen Apparat aussucht. Ein millimeterstarkes Glas, das Interferenzstreifen gleicher Dicke in mehr als 2 mm Abstand voneinander zeigt, ist gut zu brauchen. Fig. 1 zeigt eine zweckmäßige trapezische Form der Platten, die mit den einander zugewandten Kanten aneinander gesessen haben. Man führt den Trennungsschnitt so, daß er die Interferenzstreifen gleicher Dicke senkrecht durchschneidet. Diese Plattenform ist deshalb so zweckmäßig, weil sie es erleichtert, zu vermeiden, daß man versehentlich dem dünneren Ende der einen Platte das dickere der anderen gegenüberstellt.

Diese beiden Platten müssen für den Versuch in einigem Abstand voneinander fast genau parallel aufgestellt werden, und zwar muß die Keilkante des Winkels, den sie miteinander bilden, eine bestimmte Lage haben. Gerade in der letzten Bedingung liegt die Schwierigkeit des Versuches. Ganz leicht aber kommt man zum Ziele, wenn man nach Fig. 1 die beiden Platten, eine von hinten, eine von vorn, an einen wagerechten Glasstab klemmt. Dreht man den Glasstab, so drehen sich auch beide Platten, ohne daß sich der Winkel zwischen ihnen ändert; durch Drehen an jeder der beiden, auf der Seite des Glasstabes eingekerbten Kopierklammern kann man den Winkel zwischen den Platten ändern.

[1]) 75. Versamml. Deutscher Naturf. u. Ärzte, Kassel 1903. Verh. d. Deutschen phys. Ges. 5, 297, 1903.



Den Strahlengang beim Versuch gibt Fig. 2 an. Die dünnen Linien GG deuten den unter der Papierebene liegenden Glasstab an. Das Licht einer Bogenlampe wird, je nach der Größe des Kondensors, in 20 bis 60 cm Abstand von der Linse zu einem Kraterbild nahe vor der Platte A vereinigt. Diese entwirft durch Spiegelung an der Vorder- und Hinterfläche die beiden virtuellen Bilder L_1 und L_2 von der Lichtquelle L. Das Licht fällt weiter auf die Platte B, die zunächst A genau parallel stehen soll. Hier spiegelt sich L_1 an der Hinterseite und L_2 an der Vorderseite, so daß beide Spiegelbilder in L_3 zusammenfallen. Zwei andere reflektierte Strahlen tragen zur Erscheinung nichts bei. Neigt man nun aber z. B. B, so fallen die beiden Bilder über oder unter L_3, und zwar in verschiedenem Abstand von der Ebene des Papiers. Diese beiden Lichtpunkte sind die kohärenten Quellen der Interferenzfigur, die in der Richtung des Pfeiles auf der einen oder mehr Meter entfernten Wand erscheint. Durch die Platte B tritt Licht, das die komplementäre Figur enthält; es ist am bequemsten, sich bei der Aufstellung des Apparates nach dieser zu richten, denn sie wird weniger leicht wie die in der Pfeilrichtung durch Nebenlicht gestört, das man erst abblenden muß. Die Platten A und B sind so weit voneinander am Glasstabe angeklammert, damit das Licht flach auf sie fällt und gut reflektiert wird.

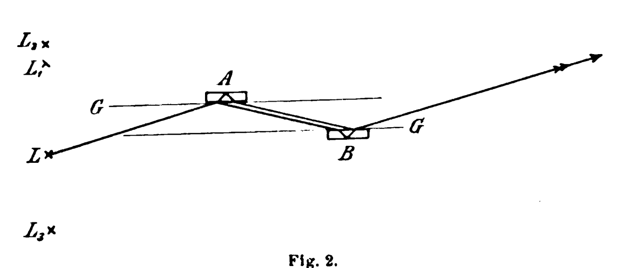


Fig. 2.

Beitrag zur Behandlung der qualitativen Analyse des Wassers im Schulunterricht.

Von Prof. **G. Erckmann** in Bingen a. Rh.

Bekanntlich bedient man sich in der neueren chemischen Methodik zum Nachweis der qualitativen Zusammensetzung des Wassers nach Ohmanns Vorschlag[1] der Einwirkung erhitzter Metalle auf flüssiges Wasser oder Wasserdämpfe, während man früher, auf die Autorität Arendts gestützt, im Schulunterricht allgemein die Elektrolyse angesäuerten Wassers (die sog. Wasserzersetzung, die aber in Wirklichkeit eine Zersetzung der verdünnten Säure ist) zum Ausgangspunkt bei der chemischen Wasserzersetzung nahm. Ohmann hat sich bei seinen grundlegenden Versuchen auf Eisen, Zink und Aluminium beschränkt und des Magnesiums nur beiläufig Erwähnung getan (a. a. O. S. 4, Vers. 3). Durch diese Versuche angeregt, fand ich nun, daß sich das Magnesium in ähnlicher Weise unter Wasser verbrennen läßt, wie dies O. Ohmann vom Aluminium gezeigt hat (a. a. O. S. 5, Vers. 7, und „Leitfaden der Chemie und Mineralogie“, 4. Aufl., S. 56).

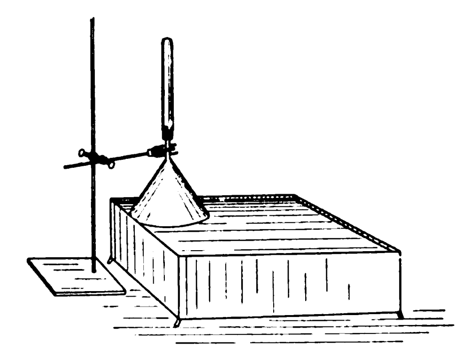
Da die Abscheidung des Wasserstoffs aus Wasser mit Hilfe des glühenden Magnesiums sich rasch und gefahrlos vollzieht und auch nur geringe Vorbereitungen erfordert, so dürfte sich dies Verfahren gut für den elementaren chemischen Unterricht eignen. Ich möchte vorausschicken, daß ich die Wasseruntersuchung in der Weise einleite, daß ich die Schüler darauf aufmerksam mache, wie bei der Verbrennung einer ganzen Reihe von bekannten Stoffen, z. B. Holz (Waldbrände), Petroleum (Anlaufen der Lampenzylinder), Leuchtgas (Beschlag in einem über die Flamme gestülpten trockenen Becherglas), Wasser in Dampfform als Verbrennungsprodukt auftritt. Wasser

[1] O. Ohmann, Lehrgang der chemischen Untersuchung des Wassers (als zweites Kapitel der Verbrennungserscheinungen). Ds. Zeitschr. *XIV*, *S. 1 ff.*



enthält also notwendigerweise Sauerstoff, verbunden mit einem unbekannten Stoffe, den wir x nennen. Dieses x soll durch die Wasseruntersuchung gefunden werden. Zu dem Behufe bringen wir das Wasser in Berührung mit einem Körper, der unter den Versuchsumständen eine noch größere Affinität zum Sauerstoff besitzt als der unbekannte Stoff x. Ein solcher Stoff ist das Magnesium. Es ist den Schülern bekannt aus der Photographie (Blitzlicht) und vielleicht auch von Weihnachten her (Magnesium-Wunderkerzen für Christbaumbeleuchtung), es spielt ferner in der Technik (z. B. in der Zahnheilkunde) eine gewisse Rolle in Form einer Legierung mit Aluminium, als Magnalium.

Wir zeigen zunächst durch Verbrennen eines Stückchens Magnesiumband die große Affinität des Metalles zum Sauerstoff. Sodann schreiten wir zu unserem eigentlichen Versuche, indem wir so viel Magnesiumpulver in ein Phosphorlöffelchen schütten, daß es festgedrückt dieses gerade füllt. Den Löffel erhitzen wir in der Bunsenflamme, bis die Oberfläche des Magnesiumpulvers an einer Stelle zu glühen beginnt, nehmen ihn sodann aus der Flamme und warten, bis das Erglühen sich über die ganze Oberfläche ausgebreitet hat. In diesem Augenblick (und nicht etwa früher oder später!) bringt man das Löffelchen rasch und sicher unter die Mündung eines weiten Glastrichters (Durchmesser etwa 15 cm), den man folgendermaßen vorgerichtet hat (s. Fig.).



Über die Röhre des Trichters hat man ein Stückchen Gummischlauch gezogen und über diesen wieder ein Probierröhrchen (Länge 200 mm, Durchmesser 20 mm) so weit geschoben, daß es dicht und fest auf dem Trichterhals aufsitzt. Diese Vorrichtung wird in der pneumatischen Wanne völlig mit Wasser gefüllt und hierauf so, wie es die Figur zeigt, mit Hilfe eines Ostwaldschen Halters[1]) an einem Bunsenschen Stative befestigt.

Das Füllen wird am besten in der Weise vorgenommen, daß man das abgenommene und für sich unter Wasser gefüllte Probierröhrchen mit seinem geschlossenen Ende aus dem Wasser hebt und hierauf die Mündung des Röhrchens unter Wasser auf den Hals des in der pneumatischen Wanne umgelegten Trichters (genauer auf den Gummischlauch) aufschiebt. Durch vorsichtiges Aufrichten des Trichters gelingt es dann leicht, die geringen Mengen von Luft, die sich noch unter dem Trichterrande befinden, zu entfernen. Die Wanne soll 14 cm hoch mit Wasser gefüllt sein, der Rand des Trichters darf nicht mehr als 2 cm tief in das Wasser eintauchen.

In demselben Augenblick, wo das glühende Magnesiumpulver unter Wasser kommt, erfolgt eine mit einer blendenden Lichterscheinung verbundene Detonation, und gleich darauf sieht man im Trichter eine beträchtliche Menge Gas aufsteigen, die, wenn der Versuch in richtiger Weise angestellt wurde, genügt, um den ganzen Probierzylinder zu füllen. Andernfalls muß noch eine zweite Ladung Gas entwickelt werden.

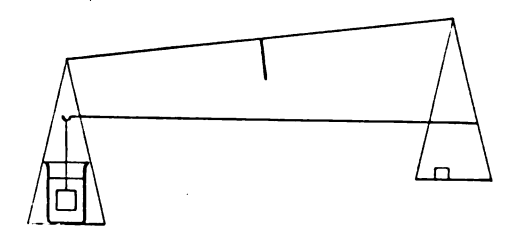
Das entwickelte Gas kann nur aus dem Wasser stammen; es ist der gesuchte Bestandteil x. Wir geben ihm den Namen Wasserstoff. Vom Wasserstoffgas können wir voraussagen, daß es brennbar sein muß. Wir bestätigen unsere Voraussage durch den Versuch, indem wir zunächst die ganze Trichtervorrichtung, nachdem wir sie aus dem Stativ gelöst, so weit in das Wasser der Wanne einsenken, daß das aufgefangene Gas unter Atmosphärendruck steht, hierauf das Probierröhrchen, Mündung nach unten, von der Trichterröhre abheben und endlich das Gas mit einer Flamme in Berührung bringen.

[1]) Preisverzeichnis von C. Gerhardt in Bonn a. Rh., 13. Aufl., Nr. 3729.



Versuche mit einfachen Mitteln.

1. Hydrostatischer Versuch. Von Dr. H. Teege in Wilhelmshaven. Auf der einen Wagschale einer gewöhnlichen zweiarmigen Wage steht ein Gefäß mit Wasser; an der andern Wagschale hat man einen etwas stärkeren Draht befestigt, den man so umgebogen hat, daß er, ohne irgendwo zu berühren, mit seinem freien Ende in passender Höhe über der ersten Wagschale schwebt. An ihm befestigt man mittels eines dünnen Fadens einen Körper, der spezifisch schwerer als Wasser sein möge.



Zunächst läßt man den Körper frei in Luft neben dem Wassergefäß herunterhängen und stellt in dieser Lage durch Tara oder passende Gewichtsstücke das Gleichgewicht der Wage her. Nun schiebt man, ohne aber im übrigen etwas zu ändern, das Gefäß mit Wasser unter den Körper und läßt ihn eintauchen: sofort ist das Gleichgewicht gestört, was einen unerwarteten Eindruck macht.

Man stellt dann das Gleichgewicht wieder her, indem man auf die zweite Wagschale Gewichtsstücke auflegt, und kann nun zeigen, daß diese gleich der Summe von Auftrieb des Körpers und Gewichtszunahme des Wassergefäßes sind. Natürlich muß man zu diesem Zwecke die beiden Gewichte vorher einzeln bestimmt haben.

Ich brauche wohl kaum zu erwähnen, daß man dieselbe Anordnung auch für die Bestimmung des spezifischen Gewichtes benutzen kann; man hat dabei noch den Vorteil, daß man es mit doppelt so großen Gewichten zu tun hat, was die Genauigkeit der Bestimmung günstig beeinflußt.

Für die Praxis.

Das Zerkleinern des Eises. Von **Gg. Heinrich** in Neustadt a. d. Haardt. Das Zerkleinern des Eises ist eine „mißliche Sache"[1]), besonders wenn das Eis für Kältemischungen, zur Bestimmung des Eispunktes usw. ziemlich fein werden soll. Braucht man gar, für Schülerübungen, bedeutend größere Mengen, als man sonst herzustellen gewöhnt war, so steigt die Unannehmlichkeit. Es gibt allerdings Eiszerkleinerungsmaschinen; diese sind aber ziemlich teuer, sie kosten 20 M. und mehr. An deren Stelle leistet da recht gute Dienste eine Küchenmaschine, nämlich die „amerikanische Universal-Hack- und Schneidmaschine", oder wie sie sonst heißen mag. Bei dieser Maschine dreht die Hand durch eine Kurbel eine Schraube und drückt durch die Schraube den zu zerkleinernden Stoff gegen die Messer, welche sich ebenfalls drehen und die Masse zerschneiden. Ich kenne zwei Ausführungsarten dieser Maschine. Bei der einen Art liegen die Messer im Innern; die Masse muß nach dem Zerschneiden noch durch eine Lochscheibe gedrückt werden, um herauszukommen. Maschinen dieser Bauart sind für uns unbrauchbar. Bei der andern Art drückt die Schraube die Masse aus der Maschine heraus und beim Herausquellen schneiden die außen sich drehenden Messer die Stücke ab. Maschinen dieser Bauart habe ich erprobt und für das Zerkleinern des Eises recht brauchbar gefunden. Die Maschinen sind ganz aus verzinntem Eisen hergestellt und sehr kräftig; besonders die größte Ausführung — diese kostet 8 M — empfehle ich.

[1]) So nennt es K. Rosenberg in seinem „Experimentierbuch".



Das Eis wird mit dem Hammer in geeignete Stücke geschlagen und diese Stücke werden dann „gemahlen“. Es genügt völlig, wenn man das gröbste, dreiflügelige Messer nimmt, man erhält dann einen sehr brauchbaren Eisbrei.

Die Verwendung des Gleichrichters nach Nodon. Von **H. Schnell** in Landsberg a. Lech. Zu dem Bericht in Jahrg. 21, S. 331 erlaube ich mir noch folgendes hinzuzufügen. Statt der Bleiplatten sind auch Kohleplatten brauchbar. Als Elektrolyt habe ich mit gutem Erfolg eine gesättigte Lösung von doppeltkohlensaurem Natrium in destilliertem Wasser verwendet; selbst Spuren von Sulfaten, z. B. bei Benutzung von gipshaltigem Brunnenwasser, sind schädlich; auch muß die Erwärmung durch Wahl großer Gefäße auf ein möglichst geringes Maß herabgedrückt werden. Tantal und Niob sollen sich durch noch weit größere Ventilwirkung auszeichnen, selbst bei Verwendung von bestleitender Schwefelsäure. Mitteilungen über Erfahrungen hierüber würden gewiß allen Wechselstrombenutzern willkommen sein.

Behandlung der Kondensatorplatten. Von **Bruno Kolbe** in St. Petersburg. Nach einer längeren Pause, insbesondere nach den Sommerferien, versagen oft die Kondensatorplatten, d. h. sie geben einen minimalen oder gar keinen Ausschlag. Die Probe zeigt dann, daß sich eine leitende Schicht (Staub oder kondensierter Dampf) gebildet hat. Ladet man ein Elektrometer (mit aufgesetzter unterer Platte) durch Influenz so, daß der Ausschlag etwa 45° beträgt, so muß bei guter Isolation der Ausschlag unverändert bleiben, wenn man die obere Platte aufsetzt, ableitend berührt und wieder abhebt. Zeigt sich nun eine Abnahme der Ladung, so hilft meist folgendes Verfahren:

Die an den isolierenden Griff geschraubte Platte wird an der inneren Fläche mit einem Wasserstrahl (Wasserleitung) tüchtig abgespült und mit einem reinen, *weichen* Leinwandlappen ringsum abgetupft (nicht gewischt). Darauf hält man die Platte 15—20 cm über der Flamme einer Spirituslampe etwas schräg und bewegt sie im Kreise, bis die auftretende Dampfschicht verschwunden und die Rückseite warm, aber nicht heiß geworden ist. Diese Platte schraubt man auf das Elektrometer und behandelt die andere ebenso. Zum Abkühlen legt man sie so auf ein reines Stück Papier, daß die Platte mit dem Ende des Griffes und dem Rande aufliegt. Nach 5—10 Minuten sind die Platten verwendbar. — Im September 1907 zeigte ich einigen Fachkollegen diese Behandlung der Kondensatorplatten. Als der Apparat — nach 4 monatigem Nichtgebrauche — aus dem Schrank genommen wurde, zeigte das Elektrometer bei einem frischen Chromsäure-Element nur 0,5 Volt; nach obiger Behandlung aber 2,1 Volt — auch erwies jetzt die obige Probe eine gute Isolation.

Die Aufbewahrung der Kondensatorplatten habe ich mit gutem Erfolge in der Weise versucht, daß ich zwischen beide Platten eine schwach paraffinierte (s. d. F.) Glimmerplatte legte, deren Durchmesser etwa 2 cm größer ist als der der Platten. Auf die obere Platte wird eine Papierdüte gestülpt, die einen schmalen seitlichen Ausschnitt für den Ableitungsdraht hat. So haben meine Kondensatorplatten über 18 Jahre vorgehalten, ehe ein Umlackieren erforderlich war. — Natürlich darf man die lackierte innere Fläche nie mit den Fingern berühren. Auch halte man stets ein Stück reines Schreibpapier als Unterlage bereit, wenn man eine Platte aus der Hand legen muß.

Das Paraffinieren der Glimmerplatten. Von **Bruno Kolbe** in St. Petersburg. Die Glimmerscheiben zeigen stets an den Kanten eine Lockerung der Lamellen. In die mikroskopisch feinen Spalten dringt durch Kapillarität Wasserdampf, der die Isolation

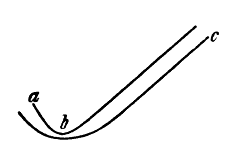


vermindert oder ganz aufhebt. Ein Trocknen über einer Gas- oder Spiritusflamme hilft nur vorübergehend. Solche Scheiben sind ganz ungeeignet zum Nachweis der Potentialdifferenz (Zink — verdünnte Schwefelsäure) nach **Buff**. Hier hilft ein sorgfältiges Paraffinieren der Glimmerscheiben.

Die frisch aus einem größeren Stück geschnittenen dünnen Glimmerscheiben[1]) (Quadrate, deren Länge um 2—3 cm größer ist als der Durchmesser der Kondensatorplatten) werden nach gehörigem Trocknen mit den Kanten etwa 1 cm tief in siedendes Paraffin getaucht, etwa $^1/_2$ Minute lang. Eine genügend große, glatte Blechscheibe (20 × 20 cm) wird an den vier Seiten unterstützt, daß sie horizontal etwa 15 cm über einer breiten Spiritusflamme liegt. Darauf legt man die an den Kanten mit einer dicken Paraffinschicht versehene Glimmerscheibe und verreibt das schmelzende Paraffin mit einem Bausch hygroskopischer Watte über die ganze Glimmerscheibe. Ebenso verfährt man mit der anderen Seite. Nun nimmt man eine andere reine Blechplatte und frische Wattebäusche. Darauf legt man auf die Blechplatte ein Stück glattes reines Schreibpapier und setzt das Reiben mit erneuerten Papieren und Wattebäuschen fort, bis nur noch ein Hauch von Paraffin nachbleibt. (Preßt man an der Ecke die Scheibe zwischen Daumen und Zeigefinger, so darf kein Abdruck der Haut nachbleiben.) Die fertigen Scheiben müssen sorgfältig vor Staub geschützt aufbewahrt werden. Beim Gebrauche legt man beide Platten kreuzweise übereinander (daß die Ecken vorstehen).

Kleine chemische Notizen. Von Dr. **M. Kleinstück**, Assistent am chem. Inst. der Kgl. Forstakademie in Tharandt.

1. Einen einfachen Natriumlöffel, den man leicht herstellen kann, veranschaulicht beistehende Skizze. Ein Glasrohr von etwa 6 mm l. W. biegt man an einem Ende rechtwinklig um. Die Biegung *b* sei möglichst kurz und eng. Zum Gebrauch verschließt man das Glasrohr, nachdem man bei *a* etwas Natrium hineingebracht hat, bei *c* mit dem Zeigefinger und bringt das Ende *a* unter die mit Wasser gefüllte Röhre. Dann lüftet man bei *c* einen Augenblick, wodurch das Wasser mit dem Natrium in Berührung kommt und dieses in der Röhre in die Höhe steigt. Die Verengerung bei *b* hat den Zweck, ein Zurücksteigen des Natriums im Löffel zu vermeiden[2]).



2. Um die Formeln des gelben und roten Blutlaugensalzes nicht zu verwechseln, dürfte folgendes mnemotechnische Hilfsmittel gute Dienste leisten.

$K_4Fe(CN)_6$ gelb; K_4 g e l b (4 Buchstaben und 4 K)
$K_3Fe(CN)_6$ rot; K_3 r o t (3 Buchstaben und 3 K).

3. Das Litergewicht eines Gases läßt sich mit genügender Annäherung sehr leicht mit Hilfe folgender Formel berechnen:

$$L = \frac{1}{20} M = \frac{1}{200} M,$$

wobei M das Molekulargewicht des Gases bedeutet.

---

[1]) Meine beiden Glimmerscheiben haben eine Dicke von 0,051 und 0,057 mm, doch kann man Scheiben von 0,10—0,13 mm noch verwenden.

[2]) *Anmerkung der Redaktion.* Da für den Versuch in obiger Form (Aufsteigenlassen von Natriumstücken in den Fußzylinder) mehrere verbürgte Fälle von unangenehmen Explosionen vorliegen, erscheint es zweckmäßig, den obigen Natriumlöffel dadurch abzuändern, daß man über *a* eine Drahtnetzkappe (nach Art der bekannten Natriumlöffel) anbringt, bei deren Befestigung die Verengerung bei *b* benutzt werden kann.

Da ein Liter Sauerstoff unter Normalbedingungen 1,4291 g wiegt, so ergibt sich für das Litergewicht eines Gases vom Molekulargewicht M die einfache Beziehung

$$L = \frac{1,4291}{32} \cdot M = 0,04466 \, . \, M.$$

Der Faktor ist nahezu gleich 0,045. Wie leicht ersichtlich, läßt sich diese Zahl in folgender für die Prozentrechnung äußerst bequemen Form schreiben:

$$0,045 = \frac{1}{20} - \frac{1}{200} \, .$$

Damit ergibt sich für die Berechnung des Litergewichts eines Gases die einfache Regel: Man dividiert das Molekulargewicht durch 20 und zieht von der erhaltenen Zahl 10% ab.

Folgende Beispiele sollen die bequeme und praktische Rechnungsweise zeigen.

a) Kohlensäure. $CO_2 = 44$.

$\frac{1}{10} M = 4,4$

$\frac{1}{20} M = 2,2$

10% hiervon $= 0,22$

$L_{CO_2} = 1,98$.

b) Luft. Molekulargewicht $= 28,9$.

$\frac{1}{10} M$ (abgerundet) $= 2,9$

$\frac{1}{20} M = 1,45$

10% hiervon $= 0,15$

$L_{Luft} = 1,30$

c) Chlor. $Cl_2 = 71$.

$\frac{1}{10} M = 7,1$

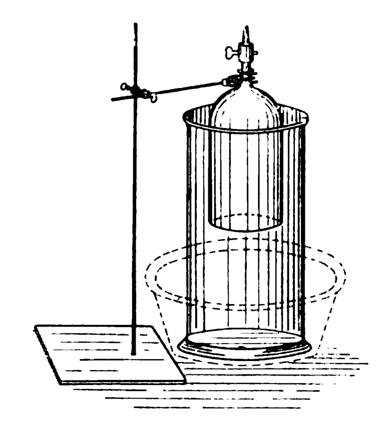
$\frac{1}{20} M = 3,55$

10% hiervon $= 0,36$

$L_{Cl} = 3,19$

Man benutzt eigentlich in diesem Falle die didaktischen Atomgewichte ($H = 1$); die Werte werden daher noch genauer, wenn bei der Berechnung die Werte der didaktischen Atomgewichtstabelle zugrunde gelegt werden.

Nützliche Verwendung der Hahnglocke. Von Prof. G. **Erckmann** in Bingen a. Rh. Eine von Gerhardt in Bonn a. Rh. bezogene Glasglocke mit in den Hals eingeschliffenem Glashahn[1]) leistet mir bei verschiedenartigen Versuchen gute Dienste. Die Glocke besitzt eine Höhe (ohne Glashahn) von 22 cm, einen äußeren Durchmesser von 10,5 cm und eine lichte Weite von 8 cm. Sie faßt etwa 1050 ccm. Als pneumatische Wanne, zur Glocke passend (die gewöhnlichen Wannen des Laboratoriums sind zu niedrig), benutze ich einen Standzylinder für anatomische Präparate[2]) von weißem, starkem Glase, Höhe 40 cm, lichte Weite 15,5 cm (die Weite kann der größeren Bequemlichkeit beim Hantieren halber noch etwas größer gewählt werden, etwa 18 cm). Die Hahnglocke wird in dem Standzylinder in ihrer Lage erhalten, indem man sie mit Hilfe eines Ostwaldschen Halters in ein Bunsensches Stativ einspannt (siehe Figur). Öfters genügt es schon, sie während des Versuchs mit der linken Hand festzuhalten.



Das Füllen der Hahnglocke mit Wasser braucht nicht weiter beschrieben zu werden. Nur soviel werde darüber bemerkt, daß man beim Hochheben der mit Wasser gefüllten Glocke soviel Wasser in den Standzylinder nachgießen muß, daß er wieder bis zum Rande gefüllt ist. Um zu vermeiden, daß später beim Füllen der Hahnglocke mit Gas das überlaufende Wasser den Experimentiertisch überflutet,

[1]) Preisverzeichnis über chemische Apparate und Gerätschaften von C. Gerhardt in Bonn, 13. Aufl., Nr. 1450.

[2]) a. a. O. Nr. 639.

stellt man den Standzylinder in eine gewöhnliche Porzellan-Waschschüssel ein (wie dies in der Figur durch die punktierte Zeichnung angedeutet ist). Die Hahnglocke kann nun z. B. zum Mischen von Wasserstoffgas und Sauerstoffgas, also zur Herstellung von Knallgas benutzt werden. Zu diesem Zwecke muß sie zuerst graduiert werden (mit Hilfe einer Feile oder eines zum Schreiben auf Glas dienenden Blaustiftes). Das Knallgas steht in der eingesenkten Glocke unter hydrostatischem Drucke und kann direkt aus ihr entnommen werden, indem man z. B. die Mündung einer elektrischen Pistole über das Hahnrohr schiebt und den Hahn einige Augenblicke öffnet. Will man mit Knallgas gefüllte Seifenblasen (Seifenschaum) herstellen, so zieht man über das Hahnrohr einen Gummischlauch, dessen anderes Ende eine Glasröhre trägt. (Vorsicht! Die Menge des Knallgasschaums darf nur sehr gering sein wegen der überaus heftigen Detonation.) Auch zum Experimentieren mit Azetylengas ist die Hahnglocke sehr gut geeignet. In diesem Falle befestigt man mit Hilfe eines kurzen Gummischlauchstückchens einen Azetylenbrenner auf der Hahnröhre. Man füllt die Glocke mit dem Azetylengas, indem man einige Calciumkarbidstückchen in einen kleinen eisernen (langstieligen) Schmelzlöffel wirft und diesen unter die Mündung der (mit Wasser gefüllten) Glocke bringt. Die Azetylenflamme läßt sich sowohl vermittelst des Hahns als auch durch Senken und Heben der Glocke regulieren.

Es kann beim Experimentieren mit der Hahnglocke leicht vorkommen, daß das Hahnrohr aus dem Halse der Glocke herausschlüpft. Es empfiehlt sich deshalb, Hahnrohr und Glockenhals vermittelst eines biegsamen Kupferdrahtes unbeweglich miteinander zu verbinden.

Reduktion von Quecksilberchlorid durch Oxalsäure unter dem Einflusse der Sonnenstrahlen. Von Prof. **G. Erckmann** in Bingen a. Rh. Nach Schoras (vgl. Arendt, Technik, 2. Aufl., S. 620) wirkt Oxalsäure auf Quecksilberchlorid (Sublimat) erst bei sehr lange fortgesetztem Sieden merklich reduzierend ein, sehr rasch und vollkommen dagegen schon in der Kälte, wenn man die gemischte Lösung in das direkte Sonnenlicht bringt. Die Oxalsäure zerfällt dabei in Kohlendioxyd und naszierenden Wasserstoff, der dem Sublimat die Hälfte seines Chlors unter Salzsäurebildung entzieht; das aus dem Sublimat durch die Reduktion entstandene unlösliche Quecksilberchlorür aber scheidet sich in Form von perlmutterglänzenden Blättchen aus ($2\,HgCl_2 + C_2O_4H_2 = 2\,HgCl + 2\,HCl + 2\,CO_2$). Das Sonnenlicht, dem ja bekanntlich reduzierende Kraft innewohnt, unterstützt dabei die Oxalsäure in ihrer reduzierenden Wirkung. — Nach meiner Erfahrung gelingt der Versuch jedoch nur dann, wenn man der gemischten Lösung vor der Belichtung vorsichtig tropfenweise so viel verdünnte Natronlauge zusetzt, bis der jeweils auftretende Niederschlag von Quecksilberoxyd beim Schütteln eben nicht mehr verschwindet, mit anderen Worten, wenn man die Oxalsäure durch Natronlauge neutralisiert. Bei der Reduktion entsteht dann statt der freien Salzsäure Kochsalz.

Tadellos gelingt der Versuch, wenn man die Sublimatlösung statt mit freier Oxalsäure mit einer Lösung von neutralem Kaliumoxalat, wie es beim Eisenoxalatentwickler in der Photographie Verwendung findet, vermischt. Diese Mischung bleibt im Dunkeln unbegrenzt lange klar; man hebt sie am besten in einem Probierröhrchen auf, das man in ein Pappfutteral einschiebt, wie es zum Aufbewahren der Thermometer und Aräometer gebraucht wird. Setzt man das Probierröhrchen der direkten Sonnenbestrahlung aus, so findet in der Sommersonne schon nach wenigen Minuten eine reichliche Abscheidung der Kalomelblättchen statt. Die perlmutterglänzenden Blättchen färben sich auf Zusatz von Ammoniak tiefschwarz (Kalomelreaktion).



Berichte.

1. *Apparate und Versuche.*

Ein Projektionsschirm mit metallischer Oberfläche.[1]) Von H. Lehmann. Der Verfasser geht davon aus, daß wie bei einem guten Gemälde, so auch bei der Reproduktion farbiger Photographien der Hauptnachdruck nicht auf die absoluten Helligkeiten, sondern auf die richtige Abstufung der Helligkeitsunterschiede zu legen sei. Namentlich die Lumièreschen Autochromplatten leiden an dem Fehler, daß die gesamte Helligkeit bei der Betrachtung im durchfallenden Licht wegen der starken Absorption auf einen kleinen Bruchteil ($\sim {}^1/_{10}$) des Wertes herabgedrückt wird, den unsere normale Umgebung zeigt, und daß dadurch auch die Helligkeitsstufen wesentlich verschoben, die zarten Abstufungen in den Schatten vollkommen zum Verschwinden gebracht werden usf. Diesem Übelstand kann bei subjektiver Betrachtung auf verschiedene Weise abgeholfen werden, bei der Projektion dagegen, wobei im allgemeinen die Vergrößerung und die Stärke der Lichtquelle gegeben ist, ist dies viel schwieriger. Hier kann nun das Ziel durch Erhöhung der Reflexionskraft des Projektionsschirmes erreicht werden. Die Idee, einen metallischen Überzug bei Projektionsschirmen zu verwenden, ist bereits 1891 in Amerika von Anderton verwirklicht worden, doch nicht recht zur Anwendung gelangt. Der Verfasser überzieht die Fläche des Schirmes mit dem als Bronzefarbe käuflichen Aluminiumpulver; er bringt es aber nicht in Form einer Emulsion (in Lösung von Gummi, Celluloid oder dgl.) auf die Fläche, da hierbei die Metallblättchen eine zu verschiedene Lage annehmen; er verfährt vielmehr so, daß er erst das Bindemittel aufträgt, es bis zu einer gewissen Viskosität eintrocknen läßt und dann das Metallpulver trocken darauf bringt. Derartig präparierte Flächen erscheinen beträchtlich heller als die nach der Emulsionsmethode hergestellten; dies rührt daher, daß die Metallblättchen sich wie kleine Spiegelchen in nahezu parallelen Lagen anordnen. Solche Schirme haben allerdings den Nachteil, daß sie bei stark seitlicher Betrachtung stark an Wirksamkeit verlieren; verbessert wird die Wirkung auch nach den Seiten hin, wenn man die Oberfläche nicht glatt, sondern wellenförmig geriefelt macht (solche Schirme liefert das Zeißwerk in Jena).

[1]) Verh. d. D. Physik. Ges. 11, 123; 1909.

Durch photometrische Versuche wurde die Helligkeit H (verglichen mit der von gewöhnlichem weißen Papier = 1) und der nutzbare Streuungswinkel W festgestellt. Es ergab sich: Glatter Aluminiumschirm H = 13,8; W = 48°. — Schirting-Aluminiumschirm 7,8; 61°. — Geriefelter Aluminiumschirm 3,4; 84°. — Aluminium in Celluloid (Liesegangs Totalreflexmasse) 3,4; 71°. — Aluminiumpulver auf Gummistoff (Gummifabrik Harburg-Wien) 2,9; 56°. — Mattglas mit versilberter Mattseite 1,6; 96°. — Eine konstante Helligkeit innerhalb eines größeren Winkelbereichs ergab namentlich der geriefelte Schirm.

Der glatte Aluminiumschirm empfiehlt sich für lichtschwache Mikroprojektionen sowie für lichtschwache physikalische Erscheinungen (Polarisationsphänomene, Spektren usw.). Bei in die Breite ausgedehnten Auditorien kann man durch Drehbarmachung des Schirmes die Wirkungssphäre erweitern. Für ausgedehntere Bilder verwendet man besser den Schirtingschirm oder den geriefelten Schirm. Doch soll man zu diesen Schirmen nur dann greifen, wenn die Beleuchtungsstärke wirklich nicht ausreicht, d. h. wesentlich unter 50 Hefner-Meterkerzen liegt. Dies wird außer bei Autochromplatten namentlich bei episkopischer Projektion zutreffen. Mit der Verbesserung der Helligkeitswerte tritt natürlich zugleich eine solche der Farbenwerte ein, d. h. die Bilder erscheinen farbenprächtiger als bei gewöhnlicher Projektion.

Effektivwert und galvanometrischer Mittelwert des Wechselstromes.[1]) Von Dipl.-Ing. K. Hoerner. Die Schwierigkeiten, welche sich dem Eindringen in das Verständnis der Wechselstromvorgänge entgegenstellen, beginnen meist mit dem Begriff des Effektivwertes, dessen Erläuterung und Bestimmung nicht leicht durch ein Experiment unterstützt werden kann, wenn nicht ein Oszillograph zur Verfügung steht.

Dem Mangel eines einfachen Experimentes kann jedoch abgeholfen werden, wenn man

[1]) Mitgeteilt vom Verfasser aus dem *Elektrot. Anzeiger 1908, Nr. 62.*

den Umstand berücksichtigt, daß der Effektivwert seinem Wesen nach zunächst bei denjenigen Wirkungen des Wechselstromes in Frage kommt, welche von dem Vorzeichen unabhängig sind. Man kann daher den Wechselstrom durch einen Wellenstrom, d. h. einen solchen wechselnder Größe, aber gleichbleibender Richtung, ersetzen.

Nimmt man z. B. den — in der Praxis allerdings seltenen — Fall an, daß der Wechselstrom die in Fig. 1 dargestellte Kurvenform

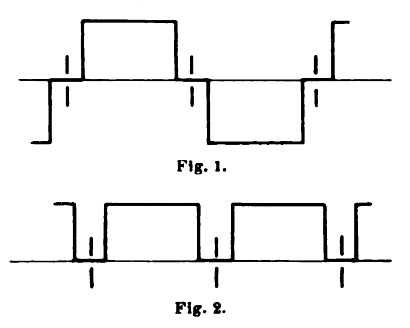


Fig. 1.

Fig. 2.

hat, so kann derselbe für den vorliegenden Zweck durch einen Wellenstrom, wie in Fig. 2 gezeichnet, ersetzt werden, welcher leicht durch Unterbrechung von Gleichstrom erzeugt werden kann.

Eine einfache Versuchsanordnung, welche meines Wissens noch nirgends angegeben wurde, ermöglicht es dann, den Zusammenhang der drei bei wechselndem Strom in Betracht kommenden Werte, des Maximal-, Effektiv- und galvanometrischen Mittelwertes, und zwar bei verschiedener Kurvenform, zu zeigen.

Erforderlich ist ein Drehspul- und ein Hitzdrahtvoltmeter mit einem der vorhandenen Gleichstromspannung entsprechenden Meßbereich, sowie ein Unterbrecher etwa folgender Konstruktion: Ein Zylinder aus isolierendem Material wird mit mehreren, z. B. vier, Ringstücken aus Metall versehen, von denen das erste den ganzen Umfang, das zweite z. B. drei Viertel, das dritte die Hälfte und das letzte ein Viertel des Umfanges des Zylinders umfaßt. Diese Kontaktstücke werden, falls man sie nicht aus einem Stück Blech schneidet, leitend miteinander verbunden, die Walze so gelagert, daß man sie durch eine Kurbel von Hand oder durch Schnurtrieb in rasche Umdrehung bringen kann; feststehend werden vier Bürsten *a*, *b*, *c*, *d* einfachster Art angebracht, von denen jede auf einem der vier Kontaktstücke schleift, wie es Fig. 3 zeigt.

Legt man nun die Bürste, welche auf dem ganzen Ringstück schleift, an einen Pol der Stromquelle, und die beiden Voltmeter in Parallelschaltung einerseits an den anderen Pol, anderseits an eine der übrigen Bürsten, so wird bei rotierender Walze der Strom in den Instrumenten je nach dem Umfang des benutzten Ringstückes bei jeder Umdrehung auf kürzere oder längere Zeit unterbrochen[1]).

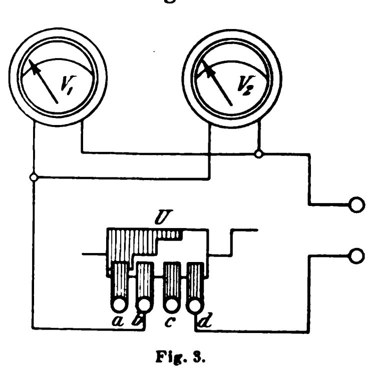


Fig. 3.

Beträgt die Spannung z. B. 120 Volt, so werden bei ruhender Walze und Kontaktstellung beide Instrumente diesen Wert zeigen; läßt man dagegen die Walze rotieren, und zwar so rasch, daß die Zeiger der Instrumente eine konstante Einstellung annehmen, so zeigt (vgl. Fig. 3) bei Anschluß der Voltmeter an Bürste

	a	b	c	
d. h. bei einer Kontaktdauer von	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	Umdrehung,
das Drehspulvoltmeter	30	60	90	Volt,
d. h.	$\frac{1}{4} \times 120$	$\frac{1}{2} \times 120$	$\frac{3}{4} \times 120$	Volt,
das Hitzdrahtvoltmeter	60	85	104	Volt,
d. h.	$\sqrt{\frac{1}{4}} \times 120$	$\sqrt{\frac{1}{2}} \times 120$	$\sqrt{\frac{3}{4}} \times 120$	Volt.

Da der Ausschlag des Drehspul-Instrumentes dem durchfließenden Strom direkt proportional ist, so gibt die bei rascher Drehung

[1]) Statt der flachen Unterbrechungskurve kann man abgestufte Kurven, die sich der Sinusform nähern, erhalten, wenn man auf der erwähnten Walze Widerstände anbringt und diese durch Kontaktstücke und Bürste vorschaltet. Das Drehspulvoltmeter muß dann durch einen Nebenschluß auf gleichen Widerstand wie das Hitzdrahtvoltmeter gebracht werden. (Nachträglicher Zusatz des Verfassers.)

des Unterbrechers erreichte Einstellung des Zeigers den arithmetischen, in der Elektrotechnik meist als galvanometrischer bezeichneten Mittelwert des Wellenstromes an, welcher bekanntlich bei der Berechnung von Wechselstrommaschinen sowie bei Elektrolyse in Frage kommt.

Die Ausschläge des Hitzdrahtinstrumentes sind dagegen der zweiten Potenz des jeweils durchfließenden Stromes proportional; seine Angabe bei obigem Versuch ist daher der Effektivwert, welcher im allgemeinen kurz als der Betrag von Spannung oder Strom bezeichnet wird. Bei dauerndem Kontakt zeigen beide Instrumente den Maximalwert des verwendeten Wellenstromes an.

Man ist also in der Lage, das gegenseitige Verhältnis von Maximal-, Effektiv- und galvanometrischem Mittelwert durch einen kurzen Versuch zu bestimmen und dies für verschiedene Kurvenformen auszuführen. Die mit Wellenstrom gewonnenen gelten dann ohne weiteres für Wechselstrom gleicher Kurvenform.

2. *Forschungen und Ergebnisse.*

Radioaktivität. 1. α-, β-Strahlen und Heliumbildung. Die α-Teilchen der radioaktiven Substanzen erleiden beim Durchgang durch die Materie einen Geschwindigkeitsverlust, der mit zunehmender Dicke der durchstrahlten Schicht allmählich größer wird. Andererseits verlieren sie am Ende einer bestimmten Weglänge plötzlich ihr Ionisationsvermögen, ihre photographische Wirksamkeit sowie ihre Fähigkeit, Fluoreszenz zu erregen. Bragg hatte dies dadurch erklärt, daß die Teilchen, sobald ihre Geschwindigkeit unter einen kritischen Wert sinkt, nicht mehr imstande sind, jene drei Wirkungen auszuüben. Hiernach müßten aber nach Aschkinass die Teilchen jenseits der Reichweite, wenn auch mit sehr geringer Geschwindigkeit, immer noch vorhanden sein und sich trotz des Fehlens jener drei Wirkungen durch ihre positiven Ladungen zu erkennen geben[1]). Da der eindeutige Nachweis des Ladungstransports der α-Strahlen nur im höchsten Vakuum gelingt, so konnte nur der Durchgang der Teilchen durch feste Körper untersucht werden. Als Strahlungsquelle diente Polonium, dessen α-Teilchen eine Anfangsgeschwindigkeit von $1{,}67 \cdot 10^9$ cm/sec und einen Wirkungsbereich von 3,86 cm Luft $= 23{,}4\ \mu$ Aluminium besitzen. Es wurden nun Aluminiumblätter von allmählich wachsender Anzahl innerhalb eines Vakuumgefäßes in den Gang der α-Strahlen gebracht und ihre Ladung mit einem Elektrometer beobachtet. Es zeigte sich, daß die Ladung noch bei einer Schichtdicke von 13,7 μ nicht herabgesetzt war. Bei größerer Schichtdicke nahm sie dann rasch ab und verschwand bei etwa 24 μ. Das deutet darauf hin, daß die α-Teilchen in der Materie nicht allmählich zur Ruhe kommen, sondern plötzlich stecken bleiben, sobald ihre Geschwindigkeit den kritischen Wert erreicht hat.

[1]) Annalen d. Physik **27**, 377 (1908).

Etwas beeinflußt dürften diese Versuche werden durch die Zerstreuung der α-Teilchen im Aluminium. Daß eine solche auch in Luft schon eintritt, hat H. Geiger in folgender Weise gezeigt[1]). Die Strahlungsquelle (ein α-Strahlen emittierendes Radiumpräparat) befand sich am einen Ende einer 2 m langen und 4 cm weiten Glasröhre, die am andern Ende durch einen phosphoreszierenden Schirm abgeschlossen war. Die α-Teilchen passierten einen engen Spalt und erregten auf dem Schirm Szintillation, die durch ein Mikroskop beobachtet wurde. War die Röhre gut evakuiert, so sah man die Fünkchen nur innerhalb des geometrischen Spaltbildes; trat aber nur etwas Luft ein, so war die Szintillationsfläche bedeutend vergrößert. Das gleiche zeigte sich, wenn der Spalt im Vakuum mit einem Gold- oder Aluminiumblättchen bedeckt wurde.

Die durch Beobachtung der Szintillation von Regener ausgeführte Zählung der α-Teilchen (d. Zeitschr. 21, 258) wurde von Rutherford und Geiger durch eine elektrische Methode ergänzt[2]). Hierzu wurde die durch ein α-Teilchen in einem Gase erzeugte Ionisation durch Ionenstoß vergrößert. Nach Townsend werden neue Ionen erzeugt, sobald die Ionen sich in einem Gase von relativ geringem Drucke und unter dem Einfluß eines elektrischen Feldes bewegen, dessen Intensität dem Entladungspotential nahe ist. Die Strahlungsquelle (*Ra C*) befand sich an dem einen Ende eines 450 cm langen evaku-

[1]) Proc. of the Royal Soc. **81**, 174; Naturw. Rdsch. **23**, 620 (1908).

[2]) Phys. Zeitschr. **10**, 1 (1909).

ierten Glasrohres, das durch ein sehr dünnes Glimmerfenster mit dem Ionisationsgefäß in Verbindung stand. Dieses war auch evakuiert und hatte zwischen der Wand und der axialen Elektrode einen Spannungsunterschied von 1320 Volt. Jedes durch das Glimmerfenster eintretende α-Teilchen erzeugte durch Stoß einige tausend neuer Ionen und dadurch einen Ausschlag des mit der axialen Elektrode verbundenen Elektrometers von etwa 10 Skt. Diese Ausschläge wurden für einen bestimmten Zeitraum (10 Min.) gezählt; es waren durchschnittlich 4 in der Minute. Ist r der Abstand der Strahlenquelle von dem Fenster, A dessen Oberfläche, n die Zahl der pro Sekunde durch das Fenster dringenden α-Teilchen, so ist die Zahl der von der Strahlenquelle pro Sekunde ausgesandten Teilchen $Q = 4\pi r^2 \cdot n/A$. Die Verff. erhielten so als Gesamtzahl der in 1 Sek. von 1 g Radium oder seinen α-Strahlen aussendenden Produkten bei radioaktivem Gleichgewicht ausgeschleuderten α-Teilchen $3{,}4 \cdot 10^{10}$. Dieselbe Zahl wurde durch Zählung der Szintillationsfünkchen gefunden; daraus folgt, daß jedes α-Teilchen auch ein Fünkchen erzeugt.

Es ist von Interesse, hiermit die Zahl der von einem Gramm Radium im Gleichgewichtszustande ausgesandten β-Teilchen zu vergleichen, wie sie von W. Makower bestimmt wurde[1]). Dazu wurde eine bestimmte Menge Emanation in ein Glasröhrchen eingeschlossen, dessen Wände die α-Strahlen zurückhielten, die β-Strahlen aber größtenteils hindurchließen. Das Glasröhrchen war außen mit dünnem Aluminiumblatt bekleidet, an das ein Potential gelegt werden konnte, und befand sich in der Achse eines Messingzylinders, von dem ein Draht zu einem Elektrometer führte. Das Ganze befand sich in einem zu evakuierenden Glasgefäß. Die von den β-Teilchen mitgeführte gesamte Ladung wurde von dem Messingzylinder aufgenommen, und ihre Größe in der Sekunde durch das Elektrometer gemessen. Da die von einem β-Teilchen mitgeführte Ladung $4{,}65 \cdot 10^{-10}$ elektrostatische Einheiten beträgt, so läßt sich aus beiden Größen die Zahl der β-Teilchen berechnen. Die geringe Menge der von *Ra B* herrührenden Strahlung sowie eine schwache Absorption der β-Strahlen in den Wänden der Glasröhre erforderte eine kleine Korrektion der erhaltenen Zahlenwerte. Unter Berücksichtigung dieser erhielt der Verf. für die Zahl der β-Teilchen, die von *Ra C* pro Gramm Radium in 1 Sek. ausgesandt werden, $5{,}0 \cdot 10^{10}$. Diese Zahl stimmt mit der für die α-Teilchen gefundenen nahe überein, und man muß hiernach annehmen, daß für jedes α-Teilchen ein oder zwei β-Teilchen ausgesandt werden.

Eine direkte Zählung der β-Teilchen durch eine ähnliche Methode, wie er sie für die α-Strahlen anwandte, hat Regener ebenfalls versucht, wenn auch ohne Erfolg[1]). Immerhin aber konnte eine deutliche Szintillation der β-Strahlen auf Baryumplatincyanür festgestellt werden. Mit wohlausgeruhtem Auge ließ sich das Szintillieren noch auf 40 bis 50 cm Entfernung des Radiums von dem Schirm beobachten. Durch Messung des durch die β-Teilchen hervorgerufenen Sättigungsstromes ergab sich, daß bei 40 cm Entfernung des Radiums noch etwa 60 β-Teilchen pro Sekunde auf 1 qmm des Schirmes auftreffen müssen. Hiernach ist anzunehmen, daß die beobachteten Szintillationsflecke durch das Auftreffen mehrerer β-Teilchen hervorgerufen werden, daß also der durch ein β-Teilchen hervorgerufene Lichtpunkt unter der Wahrnehmungsgrenze des Auges liegt. Die durch eine ungefähr gleiche Zahl α-Teilchen auf einem Zinksulfidschirme hervorgerufene Szintillationserscheinung ist von einer ganz anderen Größenordnung der Helligkeit. — Die durch β-Strahlen veranlaßte Szintillation war noch deutlich zu sehen, wenn mehrere Millimeter dicke Schichten von Blei und Glas zwischen Radium und Leuchtschirm eingeschaltet waren. Überhaupt dürfte die szintillatorische Fluoreszenz eine Eigentümlichkeit aller korpuskulären Strahlung sein.

Rutherford und Geiger bestimmten bei ihren weiteren Versuchen noch die Ladung eines α-Teilchens sowie einige andere radioaktive Konstanten[2]). Die Ladung eines Teilchens wurde gefunden aus der bekannten Zahl der Teilchen und der Gesamtladung aller α-Teilchen einer bekannten Radiummenge. Als Mittelwert der von einem α-Teilchen transportierten positiven Ladung ergaben sich $E = 9{,}3 \cdot 10^{-10}$ elektrostatische Einheiten. Ein anderer Weg der Berechnung von E ergibt sich aus dem Wärmeeffekt des Radiums, wenn man diesen der kinetischen Energie der α-Teilchen gleichsetzt. Die letztere Größe für 1 g Radium im Gleichgewicht ist $4{,}15 \cdot 10^4\, N \cdot E$ Erg, wobei N die Zahl der in

[1]) Phil. Mag. **17**, 171 (1909).

[1]) Verh. d. Deutschen Phys. Ges. **10**, 351 (1908).

[2]) Proceed. of the Royal Soc. **81**, 162 (1908); Phys. Zeitschr. **10**, 42 (1909).



der Sekunde zerfallenden Radiumatome bedeutet; die von 1 g Radium entwickelte Wärmemenge beträgt 110 g/cal pro Stunde oder $1{,}28 \cdot 10^6$ Erg pro Sekunde. Setzt man diese beiden Größen einander gleich und nimmt für N den direkt gefundenen Wert $3{,}4 \cdot 10^{10}$, so ergibt sich $E = 9{,}1 \cdot 10^{-10}$ elektrostatische Einheiten. Beide für E gefundenen Werte stimmen vorzüglich miteinander überein. Nimmt man an, daß die von einem α-Teilchen mitgeführte Ladung aus zwei elektrischen Elementarquanten e besteht, so ergibt sich (aus dem ersten Wert von E) $e = 4{,}65 \cdot 10^{-10}$ E. S. E. Diese Zahl stimmt mit dem von Planck theoretisch abgeleiteten Wert $4{,}69 \cdot 10^{-10}$ gut überein, ist aber größer als die von Thomson, Wilson u. a. gefundenen Werte. Aus der Halbwertsperiode des Radiums berechneten die Verff. die Ladung eines Wasserstoffatoms zu $4{,}1 \cdot 10^{-10}$ E. S. E., also auch einen mit den vorigen nahe übereinstimmenden Wert von e.

Das Verhältnis E/M der Ladung zur Masse für das α-Teilchen wurde durch Ablenkungsmessungen im magnetischen und elektrischen Felde zu $5{,}07 \cdot 10^3$ E. M. E. bestimmt; der entsprechende Wert für das Wasserstoffatom ist $e/m = 9{,}63 \cdot 10^3$. Daraus ergibt sich für $E = 2\,e$, $M = 3{,}84\,m$, d. h. das Atomgewicht eines α-Teilchens ist 3,84. Da das Atomgewicht des Heliums 3,96 ist, so kann man wohl schließen, daß das α-Teilchen nach Verlust seiner positiven Ladung ein Heliumatom wird.

Diese Folgerung wurde von Rutherford durch besondere Versuche direkt bewiesen[1]). Eine gewisse Menge Emanation wurde durch Quecksilberdruck in eine Glasröhre gepreßt; an diese war eine enge Kapillare angeschmolzen, die genügend dünn war, um die α-Teilchen hindurchzulassen, genügend dick, um dem Atmosphärendruck zu widerstehen. Die α-Teilchen durchdrangen die Wände der Kapillare und konnten außerhalb derselben innerhalb ihres Wirkungsbereiches durch das Aufleuchten eines Zinksulfidschirms nachgewiesen werden. Die Emanation enthaltende Röhre wurde nun von einer weiteren, evakuierten Glasröhre umgeben, die unten mit Quecksilber abgeschlossen war und oben in eine geschlossene Kapillare auslief. Die α-Teilchen gelangten also in diese Außenröhre; etwa sich bildende Gase wurden durch das Quecksilber in die Kapillare gepreßt und konnten hier spektroskopisch geprüft werden.

[1]) Phil. Mag. **17**, 281 (1909).

Nach 24 Stunden war noch keine Spur von Helium zu bemerken; nach zwei Tagen waren die gelbe, nach 4 Tagen die grüne, nach 6 Tagen alle stärkeren Linien des Heliums sichtbar. Das Helium war nicht etwa in der inneren Röhre entstanden und durch deren Wände in den Außenraum diffundiert; denn wenn die Innenröhre mit komprimiertem Helium gefüllt wurde, so war auch nach 8 Tagen in dem Außenrohr keine Spur von Helium zu beobachten. Die Glaswand war also wohl für die α-Teilchen, nicht aber für das Heliumgas durchlässig. Dieses konnte sich daher nur aus den α-Teilchen gebildet haben.

Daß das Helium erst nach 2 Tagen und nicht früher sich bemerkbar machte, bewies, daß es in die Glaswand eindrang und aus dieser erst allmählich in die evakuierte Röhre gelangte. Zur Bestätigung dieser Auffassung diente folgender Versuch. Die äußere Röhre wurde durch einen kleinen Zylinder aus Blei- oder Zinnfolie ersetzt und dieser nur vier Stunden lang der Einwirkung der aus der Emanationsröhre kommenden α-Strahlen überlassen. Der Bleizylinder wurde dann in einem anderen Rohr, das mit reinem Sauerstoff gefüllt und evakuiert wurde, erwärmt; hierbei entwickelte sich ein Gas, das schon nach 24 Stunden die grünen und gelben Heliumlinien zeigte. Das Helium entweicht also nicht auf einmal aus dem Blei oder Glas, sondern ganz allmählich.

Aus der von Rutherford für die Zahl der α-Teilchen gefundenen Größe läßt sich auch die Menge des in 1 Sek. gebildeten Heliums berechnen. Vom *Ra C* allein werden $3{,}4 \cdot 10^{10}$ α-Teilchen pro Gramm und Sekunde, eine viermal so große Zahl nach Bragg und Boltwood vom Radium im Gleichgewicht mit seinen Zerfallsprodukten ausgesandt. Hiernach ist die Zahl der pro Sekunde und Gramm Radium sich bildenden Heliumatome $4 \cdot 3{,}4 \cdot 10^{10}$. Die Menge Helium, die sich aus einem Gramm Radium bildet, ist somit $5 \cdot 10^{-9}$ ccm pro Sekunde, 0,43 cmm pro Tag, 158 cmm pro Jahr.

Eine genaue experimentelle Bestimmung der Geschwindigkeit der Heliumbildung hat Dewar ausgeführt[1]). Er benutzte dazu ein Radiometer, mit dem noch ein Druck von $^1/_{50000000}$ Atmosphäre nachgewiesen werden konnte. 70 mg Radiumchlorid befanden sich in einem zylindrischen Glasbehälter, der durch Eintauchen von angeschmolzenen, mit Kohle gefüllten Rohren in

[1]) Proc. of the Royal Society **81**, 280 (1908); Naturwiss. Rdsch. 1909, S. 10.

flüssige Luft evakuiert wurde; es konnte so ein Vakuum von 0,000054 mm erreicht werden. Ein Seitenrohr führte von dem Glasbehälter zum Manometer. In den ersten drei Tagen war die Zunahme des Druckes sehr gering; sie betrug nur etwa 0,3 cmm pro Gramm Radium und Tag. Das Radium wurde dann wiederholt erwärmt und abgekühlt und der Versuch bis zu 1100 Stunden ausgedehnt. Eine Versuchsreihe ergab eine Zunahme von 0,417 cmm pro Gramm Radium und Tag, eine zweite genauere 0,37 cmm. Durch besondere Versuche wurde der Nachweis geführt, daß die Druckzunahme von dem stetig aus dem Radium sich bildenden Helium herrührt. Die gefundene Menge stimmt im ganzen mit dem von RUTHERFORD berechneten Werte überein.

SODDY konnte die unmittelbare Bildung von Helium aus Uran nachweisen[1]). Er benutzte zu seinen Versuchen 4 kg Uraniumnitrat, die 1850 g Uran enthielten. Nach 61 Tagen wurde die Anwesenheit von Helium vom mehrfachen Betrage der kleinsten durch die Methode nachweisbaren Menge in den extrahierten Gasen nachgewiesen. Die Produktionsgeschwindigkeit betrug annähernd $2 \cdot 10^{-12}$ pro Jahr, d. h. aus 1000000 kg Uran werden jährlich etwa 2 mg Helium erzeugt. Das ist dieselbe Zahl, die der Verf. aus der Zerfallstheorie unter der Annahme berechnet hatte, daß ein Atom Uran ein Atom Helium erzeugt. Auch aus Thorium ließ sich dieselbe Menge Helium nachweisen; 350 g Thorium zeigten nach 7 Monaten etwa 0,2 g Helium, was ebenfalls einer Heliumproduktion von $2 \cdot 10^{-12}$ pro Jahr entspricht.

2. Die Emanation. Nach früheren Untersuchungen von CAMERON und RAMSAY sollte die Radiumemanation die Umwandlung der Atome einiger Stoffe veranlassen; so sollte Kupfer in Lithium übergehen, die Emanation sich in Gegenwart von Kupferlösungen in Argon, in Gegenwart von Wasser in Neon umwandeln. In einer neueren Arbeit geben die Verff. die Möglichkeit eines Irrtums für die beiden ersten Fälle zu, da Spuren von Lithium bzw. Argon schwer zu entfernen seien; die Bildung von Neon dagegen wird aufrecht erhalten[2]). RUTHERFORD stellte hierüber neue Versuche an, kam aber auch in bezug auf das Neon zu einem negativen Ergebnis[3]). Er zeigte zunächst, daß bereits $^1/_{15}$ ccm Luft, in ein kapillares, mit flüssiger Luft gekühltes Vakuumrohr eingeführt, die gelbe Neonlinie erkennen läßt; $^2/_{15}$ ccm geben auch die roten Linien, $^1/_5$ ccm ein glänzendes Neonspektrum. Da nach Ramsay in 100000 Volumteilen Luft nur 1 Teil Neon enthalten ist, so läßt sich weniger als ein Millionstel Kubikzentimeter Neon spektroskopisch feststellen. Die sorgfältig gereinigte Radiumemanation wurde nun in einem Glasrohr, das von jeder Luft befreites destilliertes Wasser enthielt, durch Eintauchen des Rohrs in flüssige Luft kondensiert. Der durch Einwirkung der Emanation auf das Wasser gebildete Wasserstoff und Sauerstoff wurden nach drei Tagen entfernt und die zurückbleibenden Gase zur spektroskopischen Untersuchung in das kapillare Vakuumrohr geleitet. Hier beobachtete man ein glänzendes Helium-, aber keine Spur vom Neonspektrum. Die entgegengesetzten Beobachtungen von Cameron und Ramsay sind nach RUTHERFORD auf Stickstoffreste zurückzuführen, die auch geringe Neonmengen enthielten.

Die von einem Gramm Radium im Gleichgewichtszustande entwickelte Menge der Emanation ist eine bestimmte Größe; aus verschiedenen radioaktiven Daten berechnete RUTHERFORD sie zu 0,57 cmm. Experimentelle Bestimmungen, die Ramsay und Soddy sowie Ramsay und Cameron vornahmen, ergaben 1,2 bzw. 7,05 cmm, also sowohl unter sich wie von der berechneten Zahl sehr verschiedene Werte. Es schien RUTHERFORD daher sehr wichtig, diese Bestimmungen mit einem von der Wiener Akademie zur Verfügung gestellten Präparat von 250 mg Radium zu wiederholen[1]). Die aus diesem durch Erhitzen oder durch Lösung gewonnene Emanation wurde zugleich mit etwa 1 ccm Wasserstoff über Quecksilber in einer kleinen Röhre aufgefangen, durch Kaliumhydroxyd von CO_2 gereinigt, in einem U-Rohr durch flüssige Luft kondensiert, dann wieder verflüchtigt und in ein evakuiertes, mit Kapillare versehenes Rohr geleitet, in dem die Volummessung erfolgte. Gleichzeitig wurde das Spektrum der Emanation in der Kapillare geprüft. Es zeigte sich, daß das Volumen der Emanation mit der Zeit bald zunahm, bald abnahm. Diese Schwankungen können vielleicht dadurch erklärt werden, daß die mit der Emanation gemischten Gase sich unter dem Einfluß der kräftigen Strahlung vereinigen oder zersetzen. Bei einer Ver-

[1]) Phil. Mag. **16**, 513 (1908); Phys. Zeitschr. **10**, 41 (1909).

[2]) Journ. Chem. Soc., June 1908, S. 992.

[3]) Phil. Mag. **16**, 812 (1908).

[1]) Phil. Mag. **16**, 300 (1908).



suchsreihe mit besonders reiner Emanation war das Volumen am Anfang 1,32 cmm für 1 g Radium, nach 17 Stunden 0,59 cmm. Nach Erreichung eines Minimums nahm das Volumen wieder zu. Nach 11 Tagen zeigte die Kapillare ein glänzendes Heliumspektrum. Hieraus erklärt sich die Zunahme des Volumens nach dem Minimum. Denn wenn die α-Teilchen Heliumatome sind, dringen diese zuerst in das Glas und entweichen aus diesem erst mit der Zeit, um sich der Emanation zuzugesellen. Der Endwert des Volumens nach 11 Tagen betrug 0,125 cmm und war wahrscheinlich hauptsächlich Helium. Bei andern Versuchen wurde auch das Spektrum der Emanation beobachtet, das aber bald verschwand; gleichzeitig nahm das Volumen ab, während die Emanation durch Phosphoreszenz an den Wänden der Kapillare adhärierend gefunden wurde. Aus allen Versuchen ergab sich, daß der kleinste Wert des Volumens der Emanation mit dem berechneten Wert 0,57 nahezu übereinstimmte. Die hohen Werte der früheren Beobachter dürften auf Anwesenheit fremder Gase beruhen.

Eine besondere Reihe von Versuchen widmete Rutherford dem Spektrum der Emanation. Besonders bemerkenswert sind scharfe Linien im Grün und eine andere Gruppe im Violett. Er bestimmte die Wellenlängen von 76 Linien; von ihnen eine große Zahl nur durch ihre photographische Wirkung. Keine der Emanationslinien konnte in einem Neonspektrum identifiziert werden. Auch Royds gibt eine genaue Messung der Spektrallinien der Radiumemanation[1]). Er entwarf das Spektrum sowohl mit einem Prisma als mit einem Rowlandschen Konkavgitter und bestimmte die Intensität und Wellenlänge von 42 Linien bis $\lambda = 3000$ Å. E.

Untersuchungen, die S. Kinoshita über die Kondensation der Emanationen des Aktiniums und Thoriums anstellte, ergaben, daß die Aktiniumemanation bei — 120° C sich zu kondensieren anfängt[2]). Ein gewisser Betrag der Emanation bleibt bei dieser Temperatur noch gasförmig; bei etwa — 150° C ist die ganze Emanation kondensiert. Diese und die mittleren Temperaturen, bei denen ein gewisser Teil der Emanation sich verdichtet, wechseln mit dem Druck; doch wird die Änderung geringer, wenn der Druck wächst. Die Thoriumemanation wird bei 2 bis 3° höherer Temperatur kondensiert als die Aktiniumemanation; die Abhängigkeit ihrer Kondensationspunkte vom Druck ist sehr ähnlich.

1) Phil. Mag. **17**, 202 (1909).
2) Phil. Mag. **16**, 121 (1908).

3. Sekundärstrahlen. Da die Kathodenstrahlen Röntgenstrahlen erzeugen, so war anzunehmen, daß durch das Auftreffen von β-Strahlen auf materielle Körper sekundäre γ-Strahlen ausgelöst werden. Starkes Versuche in dieser Hinsicht fielen negativ aus[1]). Er erhielt weder harte, 2 cm Blei durchdringende, noch weiche, durch $^1/_4$ m Luft gehende γ-Strahlen und schließt daraus, daß die γ-Strahlen des Radiums kaum als eine durch die β-Strahlen hervorgerufene Röntgenstrahlung anzusehen sind. Die durch β Strahlen erzeugten Sekundärstrahlen sind sehr unhomogen und enthalten Strahlen von wesentlich größerer Absorbierbarkeit, als sie die direkten Strahlen aufweisen. Die Sekundärstrahlen des Aluminiums sind absorbierbarer als die des Bleis; sehr weiche Sekundärstrahlen liefert das Paraffin. Die von Luft erzeugten Sekundärstrahlen sind wahrscheinlich sehr stark absorbierbar. Sowohl auf der Vorder- wie auf der Hinterseite der strahlenden Substanz kommen die weichsten Strahlen aus Schichten, die nahe der Oberfläche sind. Weiche Strahlen werden wohl auch im Innern erzeugt, aber dann von der Substanz absorbiert. Daher geben dünne Platten relativ viel absorbierbare Strahlen. Die Sekundärstrahlen hinter dem Reflektor haben für eine gewisse Dicke desselben, die von der Natur der Substanz abhängt, eine Maximalintensität. Das gleiche fand Pound auch bei den von der Vorderseite einer Substanz kommenden Sekundärstrahlen: so trat z. B. die maximale Strahlung ein bei einer Aluminiumplatte von 0,4 mm, einer Zinnplatte von 0,24 mm, einer Bleiplatte von 0,16 mm Dicke[2]). Die große Tiefe, aus der die Sekundärstrahlen oft kommen, hat ferner Eve bei verschiedenen Substanzen wie Ziegelsteinen, Schiefer, Holz, Papier, Kohle beobachtet; bei Holz kamen sehr durchdringende Strahlen aus 6 cm, bei Schiefer aus 4 cm Tiefe[3]). Die Verschiedenheit der von Stoffen verschiedener Dichte kommenden Sekundärstrahlen beruht nach Eve nicht auf selektiver Absorption, sondern auf einer verschiedenen Geschwindigkeit der Strahlen; sie werden nämlich ebenso, wie es Lenard für die Kathodenstrahlen zeigte, in einem elektrischen Felde längs den Kraft-

1) Verh. d. Deutschen Phys.Ges. **10**, 267 (1908).
2) Phil. Mag. **17**, 126 (1909).
3) Phil. Mag. **15**, 720 (1908).

24*

linien beschleunigt oder verzögert. Dadurch ließ sich feststellen, daß die durchschnittliche Geschwindigkeit der sekundären β-Strahlen sich ebenso wie ihr Durchdringungsvermögen mit zunehmender Dichte und zunehmendem Atomgewicht vergrößert. Die Strahlen werden hiernach von den leichteren Stoffen mit geringerer, von den schwereren mit größerer Geschwindigkeit ausgesandt. Das spricht dafür, daß die sekundären Strahlen nicht etwa zerstreute Primärstrahlen, sondern neue, durch diese freigemachte Elektronen sind.

Mc Clelland meint allerdings, daß man bei jeder Sekundärstrahlung zwei Komponenten unterscheiden müsse: eine „eigentliche Sekundärstrahlung" und eine „reflektierte Strahlung"[1]). Er schließt dieses aus Versuchen über die Beziehungen zwischen der Intensität und dem Einfalls- bzw. Austrittswinkel der primären und sekundären Strahlen. Es zeigte sich, daß bei senkrechter Inzidenz die Sekundärstrahlung beinahe genau nach einem Kosinusgesetz verteilt ist. Bei schräger Inzidenz liegt das Maximum der Intensität in der Einfallsebene ungefähr symmetrisch zum einfallenden Strahl auf der andern Seite des Einfallslotes. Der relative Wert dieses Maximums ist bei den einzelnen Metallen verschieden groß, und zwar bei Metallen von kleinem Atomgewicht (*Al*) bedeutend größer als bei Metallen von großem Atomgewicht (*Pb*).

4. Radioaktive Substanzen und Zerfallsprodukte. Wichtige Rechnungen im Gebiete der Radioaktivität beruhen auf der Annahme, daß jedes Atom der verschiedenen Körper bei jeder Umwandlung nur ein oder gar kein α-Teilchen abgibt. Dieses wird bei Radium dadurch bestätigt, daß sowohl *Ra* selbst als auch die Emanation und *Ra A* und *C* im Gleichgewichtszustande denselben Betrag der Ionisierung hervorrufen. Untersuchungen, die H. L. Bronson anstellte, bestätigten das Gesagte für Radium, ergaben aber für Thorium und Aktinium ein anderes Resultat[2]). Der Verf. verglich direkt die durch die Emanation und den aktiven Niederschlag im Gleichgewichtszustande erzeugten Ionisierungen. Bestimmt man andererseits die freien Weglängen der α-Teilchen von Emanation und Niederschlag, so wird das Verhältnis dieser Zahlen mit dem Verhältnis der Ionisierungswerte übereinstimmen, wenn man annimmt, daß ein Atom jeder Substanz beim Zerfall ein α-Teilchen aussendet, und daß die Zahl der Ionen, die für ein cm erzeugt werden, für jedes cm der Bahn des α-Teilchens dieselbe ist. Dementsprechend fand Bronson auch, z. B. für *Ra-Em.* und *Ra A*, beide Zahlen übereinstimmend = 0,63. Bei Thorium dagegen war bei einer Versuchsreihe das Verhältnis der Ionisierungen von aktivem Niederschlag (aus *Th B* und *C*) und Emanation z. B. 0,38, das Verhältnis der freien Weglängen für beide Produkte dagegen 1,52; bei Aktinium waren die entsprechenden Zahlen 0,31 bzw. 0,57. Nun ist 1,52 das Vierfache von 0,38; 0,57 nahezu das Doppelte von 0,31. Der Verf. folgert hieraus, daß ein Atom der Thoremanation beim Zerfall viermal soviel α-Teilchen aussendet als ein Atom des *Th B* oder *C*, und daß ein Atom der Aktiniumemanation zweimal soviel α-Teilchen abgibt als ein Atom seines aktiven Niederschlags.

Mit den Zerfallsprodukten und Strahlungen des Aktiniums und einiger anderer Stoffe beschäftigten sich O. Hahn und Lise Meitner in einer Reihe von Untersuchungen[1]). Aus der Verschiedenheit der Abklingungskurven der α- und β-Strahlen des aktiven Niederschlags schlossen sie auf ein neues Umwandlungsprodukt des Aktiniums, das unmittelbar aus dem *Akt. B* entsteht und *Akt. C* genannt wurde. *Akt. C* wurde auf verschiedene Weise vom *Akt. A* getrennt hergestellt und seine Zerfallsperiode zu 5,1 Min. bestimmt. *Akt. C* sendet β-, aber keine α-Strahlen aus; diese rühren vom *Akt. B* her, dessen Zerfallsperiode 2,15 Min. beträgt. Außer dem *Akt. C* sendet Radioaktinium noch eine weiche, *Akt. A* eine leicht absorbierbare schwache β-Strahlung aus.

Beim Aktivieren von Aktiniumpräparaten erhielt man an der negativen Elektrode außer dem aktiven Niederschlag eine geringe Restaktivität, die auf *Akt. X* zurückgeführt werden konnte, das als eine Folge des explosiven Zerfalls des Radioaktiniums an der Elektrode auftritt. Das im Moment seiner Entstehung aus dem Radioaktinium positiv geladene *Akt. X*-Restatom erhält einen Rückstoß und wird vielleicht ähnlich wie ein Ion im elektrischen Felde nach der negativen Elektrode transportiert. Als Erzeugnis dieses Rückstoßes gelang es den Verff., an der negativen Elektrode auch reines *Akt. C* von dem α-

[1]) Proc. Roy. Soc. **80**, 501 (1908); Beibl. **33**, 191 (1909).

[2]) Phil. Mag. **16**, 291 (1908).

[1]) Phys. Zeitschr. **9**, 649, 697 (1908); **10**, 81 (1909). Verh. der Deutschen Phys. Ges. **11**, 55 (1909).

Strahlen aussendenden *Akt. B* zu trennen. Entsprechende Versuche mit dem aktiven Niederschlag von **Thorium** ergaben durch Rückstoßwirkung nicht *Th C*, sondern ein anderes Zerfallsprodukt, das *Th D* genannt wurde; es sendet β-Strahlen aus und hat eine Zerfallsperiode von 3,1 Min. Waren diese Restprodukte an der negativen Elektrode auf den von α-Strahlen hervorgerufenen Rückstoß zurückzuführen, so war die Frage, ob auch β-Strahlen imstande sind, durch Rückstoß das Restatom aus dem Molekülverband zu lösen. Die Verff. versuchten dieses mit *Ra B*, das nur β-Strahlen aussendet, und fanden auch tatsächlich eine Aktivität an der negativen Elektrode, deren Intensität aber nur 1 Promille der mit α-Strahlen erhaltenen Aktivität betrug und wohl auf *Ra C* zurückzuführen ist.

Versuche über die günstigste Stärke des negativen Feldes für die durch Rückstoß der α-Strahlen gewonnene Aktivität ergaben, daß schon bei 50 Volt das Maximum erreicht wurde. Bei negativem Felde ist die erhaltene Aktivität etwa 100 mal so stark als bei positivem. Die Verff. nehmen an, daß die positiv geladenen Restatome mit einer Geschwindigkeit von etwa $5 \cdot 10^7$ cm den Molekülverband verlassen. Durch den Zusammenstoß mit den Luftmolekülen wird diese Geschwindigkeit sehr rasch vernichtet. und die Restatome folgen, ähnlich den Ionen, den Kraftlinien des elektrischen Feldes.

Eine Bestätigung dieser Erklärung bilden vielleicht die Versuche von S. Russ[1]). Dieser untersuchte die **Abhängigkeit der Stärke des an einer Elektrode gesammelten aktiven Niederschlags vom Vorzeichen des elektrischen Feldes bei verschiedenen Drucken** und fand, daß im Vakuum der Einfluß des negativen Feldes ein viel geringerer ist als bei höheren Drucken. So sammelt sich beim **Thorium** der aktive Niederschlag bei Atmosphärendruck fast vollständig am negativen Pol, bei einem Druck von wenigen mm geht ein Teil an den positiven Pol. Bei **Radium** gehen bei Atmosphärendruck 95% des Niederschlags zum negativen, 5% zum positiven Pol, bei 0.01 mm Druck sind beide Beträge fast gleich. Bei **Aktinium** war das Verhältnis der beiden Beträge bei verschiedenen Drucken sehr wechselnd und hing auch noch ab von der Entfernung zwischen dem aktiven Stoff und der Elektrode. Aus den Versuchen scheint hervorzugehen, daß bei hohen Drucken die den Niederschlag erzeugenden Partikeln, durch Kollision mit den Gasmolekülen gehemmt an Geschwindigkeit einbüßen, während diese bei niedrigen Drucken gegenüber der Feldbeschleunigung überwiegt.

Ein besonderes Interesse unter den Produkten der radioaktiven Stoffe gewährt das **Uran** *X*, weil es wohl das einzige der nicht zu schnell zerfallenden Radioelemente ist, das nur β-Strahlen aussendet, und bei dem Strahlen der darauf folgenden Umwandlungsprodukte nicht in Betracht kommen. H. W. Schmidt beschreibt eine Methode der Herstellung von reinem Uran *X* aus Urannitrat, das 5000 mal so aktiv war als die Muttersubstanz[1]). Durch magnetische Ablenkungsversuche wurde die Geschwindigkeit und das Verhältnis von Ladung zu Masse der harten β-Strahlen von *Ur X* festgestellt. Es ergab sich $v = 2{,}76 \cdot 10^{10}$ cm/sec, $e/m = 0{,}67 \cdot 10^7$ E. M. E. Die weiche von *Ur X* ausgehende Strahlung wird von Aluminium nach einem Exponentialgesetz absorbiert und im Magnetfeld im Sinne von bewegten negativen Elektrizitätsteilchen abgelenkt.

Die Aktivität des Kaliums und anderer Alkalimetalle wurde von Mc Lennan und Kennedy eingehender geprüft[2]). Es ergab sich, daß die Aktivität gleichmäßiger Schichten aktiver Kalisalze direkt proportional war der strahlenden Fläche und zunahm mit der Dicke der Schicht; die maximale Aktivität ergab eine Schicht von 2–3 mm Dicke. Die Aktivität der verschiedenen Kalisalze war sehr verschieden und hing bei demselben Salze ab von der Herkunft des Salzes. Verschiedene Proben von Kaliumcyanid zeigten große Unterschiede in ihrem Kaliumgehalt; ihre Aktivität war aber diesem Gehalt nahezu proportional. Die Strahlen der Kalisalze sind sehr heterogen und besitzen große durchdringende Kraft; sie ähneln am meisten den von Uranium *X* ausgesandten β-Strahlen, obwohl diese etwas durchdringender sind. Spuren anderer schon bekannter radioaktiver Stoffe waren in den Kalisalzen nicht aufzufinden. Von allen Elementen der Alkaligruppe zeigt das Kalium allein merkliche Radioaktivität. Natrium und seine Salze waren ganz inaktiv; Rubidium und Cäsium zeigten wohl Spuren von Aktivität, die aber nicht einwandfrei als diesen Stoffen eigentümlich

[1]) Phil. Mag. **15**, 601, 737 (1908).

[1]) Phys. Zeitschr. **10**, 6 (1909).

[2]) Phil. Mag. **16**, 377 (1908).



nachzuweisen war. Nach Campbell zeigten Kaliumpräparate, die direkt aus Holzasche hergestellt wurden, dieselbe Aktivität wie aus Staßfurt bezogene Salze[1]).

5. Radioaktivität der Erdrinde und der Atmosphäre. Strutt unternahm eine allgemeine Untersuchung der Mineralien auf ihren Gehalt an Helium und zog daraus Schlüsse auf ihre Radioaktivität[2]). Zur Gewinnung des Heliums wurden die Mineralien entweder in einem evakuierten Stahlrohr erhitzt oder mit Salzsäure behandelt. Das Helium ließ sich in fast allen Mineralien der Erdrinde nachweisen; seine Menge war ungefähr die, welche aus den in den Mineralien enthaltenen Spuren von Uran und Radium erwartet werden konnte. Wo viel höhere Heliummengen vorhanden waren, konnten diese auf Anwesenheit von Thorium zurückgeführt werden. Eine Ausnahme bildet der Beryll, der viel Helium enthält, ohne annähernd genügende Radioaktivität zu zeigen. Vulkanische und wahrscheinlich kieselhaltige Mineralien überhaupt enthalten geringe Mengen Argon; doch besteht kein Zusammenhang mit der Menge radioaktiven Materials. Eine gewisse Beziehung zeigte sich zwischen dem Heliumgehalt und dem geologischen Alter der Gesteine. Phosphatknollen und phosphorisierte Knochen aller geologischen Zeiten besitzen ausgesprochene Radioaktivität, die von den Produkten der Uranreihe herrührt. Helium wurde darin aufgefunden, selbst wenn es nicht älter als pliozän war. Das Verhältnis des Heliums zum Uranoxyd war in den jüngeren Schichten im allgemeinen kleiner als in den älteren. Schätzungen der Zeit, die zur Anhäufung der in den einzelnen Mineralien gefundenen Heliummengen nötig war, ergaben z. B. für die Knollen des Crag 225000, für die des oberen Grünsandes 3080000, für den über dem karbonischen Kalkstein liegenden Hämatit 141 Millionen Jahre.

Eine Untersuchung der Tiefseesedimente auf ihren Gehalt an Radium nahm J. Joly vor[3]). Er benutzte dazu Kollektionen solcher Sedimente, die von verschiedenen Expeditionen wie des „Challenger", des „Albatroß" u. a. mitgebracht waren. Am reichsten an Radium zeigten sich die Niederschläge aus den am meisten zentralen Teilen des stillen Ozeans. Hier war nicht nur der rote Ton, sondern auch der Radiolarienschlamm merklich radioaktiv. Der Globigerinenschlamm des stillen Ozeans war auch etwas radiumreicher als der des atlantischen. Bei diesen Sedimenten stand der Gehalt an Radium im umgekehrten Verhältnis zu dem Gehalt an kohlensaurem Kalk; die an Kalk reichsten Niederschläge waren am ärmsten an Radium. Daraus ist zu schließen, daß die relative Radiummenge mit dem Alter des Sediments zunimmt. Untersuchungen, die Joly über die Radioaktivität des Meerwassers selbst anstellte, ergaben aus verschiedenen Proben im Mittel $0{,}0255 \cdot 10^{-12}$ g *Ra* pro ccm, eine größere Zahl, wie sie früher von Strutt und Eve gefunden war[1]). Hiernach könnte man vermuten, daß der von Eve über dem Ozean beobachtete hohe Emanationsgehalt der Luft aus dem Meere stammt. — Die Bedeutung des Urans und des aus ihm sich bildenden Radiums für die Geologie im allgemeinen wurde von Joly in einem auf der Versammlung der British Association in Dublin gehaltenen Vortrage weiter entwickelt[2]). Hier kann auf die darin enthaltenen interessanten Ausführungen nur hingewiesen werden.

Die aus der Erde kommende durchdringende Strahlung wurde auf Veranlassung von Mc Lennan durch C. S. Wright im physikalischen Institut zu Toronto durch die in geschlossenen Metallzylindern erzeugte Leitfähigkeit der Luft bestimmt[3]). Die Anzahl q der in einem ccm Luft pro Sekunde erzeugten Ionen war in drei Zylindern von Blei, Zink und Aluminium bzw. 15,3, 13,4, 12,5. Auf dem Eise oder Wasser des Ontariosees waren diese Zahlen 8,5, 6,0, 6,55; Versuche in 2,5 bis 10 m Wassertiefe ergaben ähnliche Werte. Es geht daraus hervor, daß die aus der Erde kommende durchdringende Strahlung durch das Wasser zum Teil absorbiert wird. Das Wasser selbst und die Ufersande des Ontariosees zeigten nicht den geringsten Radiumgehalt.

Satterly bestimmte die in der Nähe der Erdoberfläche bei Cambridge in der Luft enthaltene Radiumemanation[4]). Er wandte dabei zwei Methoden an: 1. Die Absorption der Emanation durch Holzkohle, 2. ihre Kondensation beim Durchleiten durch

[1]) Nature **78**, 55; Beibl. **32**, 1209 (1908).

[2]) Proceed. of the Royal Soc. **80**, 572; **81**, 272 (1908); Naturw. Rdsch. 1908, S. 512; 1909, S. 28.

[3]) Phil. Mag. **16**, 190 (1908).

[1]) Phil. Mag. **15**, 385 (1908).

[2]) Nature **78**, 456; Natw. Rdsch. **23**, 661 (1908).

[3]) Phys. Zeitschr. **9**, 440 (1908).

[4]) Phil. Mag. **16**, 584 (1908).

flüssige Luft. Die gefundenen Emanationsmengen wurden mit der Emanation einer Radiumlösung von bekannter Stärke verglichen. Beide Methoden ergaben gut übereinstimmende Werte. Im Durchschnitt war die in 1 cbm Luft enthaltene Emanation etwa gleich der Menge, die mit $100 \cdot 10^{-12}$ g Radium im radioaktiven Gleichgewicht ist. Doch zeigten sich große Schwankungen. Eine Beziehung derselben zu den meteorologischen Verhältnissen ließ sich nicht feststellen.

Eve bestimmte den Emanationsgehalt der Luft durch die von einem bestimmten Luftvolumen hervorgerufene Aktivität von Metalldrähten[1]. Bei seinen in Montreal über ein Jahr ausgedehnten Beobachtungen ergab die der oben angeführten entsprechende Zahl im Durchschnitt $60 \cdot 10^{-12}$ g Radium, also einen erheblich kleineren Betrag. Doch schwankte die Menge der Radiumemanation so, daß das Maximum zum Minimum sich wie 7:1 verhielt. Änderungen der Temperatur und der Jahreszeit schienen auf die Emanationsmenge keinen Einfluß zu haben. Das Herannahen eines Zyklons veranlaßten eine Zunahme, antizyklonische Witterungsverhältnisse eine Abnahme des Emanationsgehalts.

Den Emanationsgehalt in höheren Schichten der Atmosphäre bestimmte Flemming vom Freiballon aus[2]. Blanke Kupferdrähte, durch eine Trockenbatterie negativ geladen, wurden, mit Blei beschwert, 1 bis 2 Stunden herabhängen gelassen; die angesammelte Aktivität wurde dann mit einem Zerstreuungsapparat gemessen. Es zeigte sich, daß noch in Höhen von über 3000 m Radiumemanation vorhanden ist.

Mit derselben Methode wurden von Gockel und Wulf Bestimmungen der Radioaktivität im Hochgebirge (bei Zermatt) ausgeführt[3]. Die Höhen waren 2600 bis 3300 m. Aus den Abklingungskurven ergaben sich kein Aktinium und nur wenig (bis 10%) Thorium. Auf dem Brienzer Rothorn hatte Gockel 50% Thorium gefunden und glaubt, daß die Grasmatten und Schutthalden dort die Thoriumemanation leichter entweichen lassen dürften als die kompakten Gesteine und Gletscher am Matterhorn. Auch die Niederschläge zeigten erhebliche Radioaktivität. *Schk.*

[1]) Phil. Mag. **16**, 622 (1908).
[2]) Phys. Zeitschr. **9**, 801 (1908).
[3]) Phys. Zeitschr. **9**, 907 (1908).

Über Wasserstoffpersulfide. Von I. Bloch und F. Höhn. (*Ber. d. Deutschen chem. Ges., 41. Jahrg. (1908). S. 1961—1985.*) Bis vor kurzer Zeit war die einzige sichergestellte und gut charakterisierte Verbindung von Schwefel und Wasserstoff der gasförmige Schwefelwasserstoff von der Formel H_2S. Er entsteht, wenn ein Sulfid, z. B. Kaliumsulfid, K_2S, oder Schwefeleisen, FeS, mit verdünnter Säure behandelt wird, nach der Gleichung:

$$K_2S + 2\,HCl = 2\,KCl + H_2S.$$

Auch wenn man zu einem Polysulfid, z. B. Kalium- oder Calciumpentasulfid, Säure zulaufen läßt, erhält man neben sich abscheidendem amorphen Schwefel gasförmigen Schwefelwasserstoff:

$$K_2S_5 + 2\,HCl = 2\,KCl + H_2S + 4\,S.$$

Läßt man dagegen umgekehrt die wässerige Lösung eines Alkalipolysulfids in einen Überschuß von eiskalter Säure einfließen, so bildet sich, wie zuerst Scheele im Jahre 1777 beobachtet hat, neben Schwefelwasserstoff ein schweres, gelbes, unangenehm scharf riechendes Öl, das Wasserstoffpersulfid:

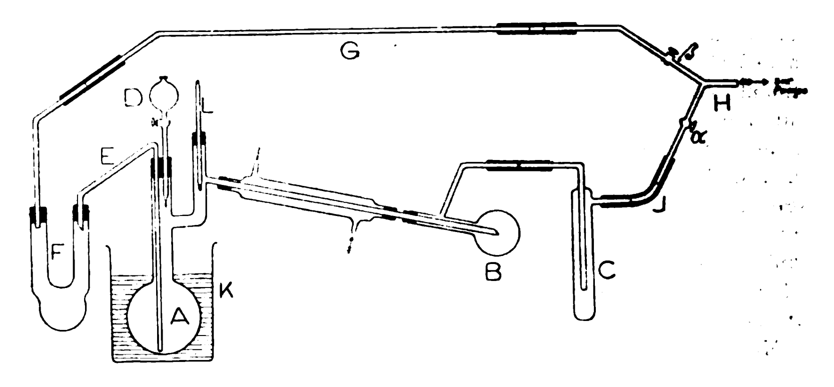
$$K_2S_n + HCl = 2\,KCl + H_2S_n.$$

Dieses „rohe" Wasserstoffpersulfid ist im Laufe des vorigen Jahrhunderts von Thénard, Liebig, Berthelot, A. W. Hofmann, E. Schmidt, Ramsay, Sabatier u. a. untersucht worden, von den meisten mit der Absicht, eine dem Wasserstoffsuperoxyd analoge Schwefelverbindung, also H_2S_2, zu erhalten. Der Nachweis von der Existenz dieser Verbindung sowie ihre Isolierung ist jedoch erst vor kurzem gelungen, zusammen mit der Darstellung einer noch schwefelreicheren Schwefelwasserstoffverbindung. Erhitzt man nämlich rohes Wasserstoffpersulfid, wie es nach der oben angegebenen Methode aus Alkalipolysulfidlösungen und verdünnten Säuren erhalten wird, im luftverdünnten Raum, so destillieren zwei Körper von verschiedener Flüchtigkeit über und können in entsprechend temperierten Vorlagen getrennt aufgefangen werden. Im Destillierkolben bleibt ein Rückstand, der größtenteils aus Schwefel besteht. Bei der Darstellung dieser beiden Verbindungen ist es zur Erzielung einer guten Ausbeute nötig, in kleinen Portionen zu arbeiten und den Rückstand kontinuierlich aus dem Kolben zu entfernen. Dies wird durch den umstehend skizzierten Apparat erreicht.

Der 300 ccm fassende Kolben von der Form *A* ist mittels eines etwa 50 cm langen, mit Leitungswasser beschickten Kühlrohrs mit Vorlage *B* verbunden; darauf folgt Ge-



fäß *C*, welches sich in einer Kältemischung aus Äther und fester Kohlensäure befindet. Andererseits steht Kolben *A* durch das bis hart an den Boden reichende Rohr *E* mit einem unten erweiterten U-Rohr *F* in Verbindung. Zur Wasserstrahlpumpe führt über Natronkalk-, Chlorcalciumröhren und Manometer das Gabelrohr *H*. Dieses ist durch entsprechende Stellung der Hähne α und β imstande, die Pumpe entweder durch Schlauch *J* mit Gefäß *C* oder durch Rohr *G* mit U-Rohr *F* zu verbinden. Man erhitzt das Glyzerinbad *K* auf 110—125°, evakuiert (Hahn α offen, β geschlossen) auf etwa 20 mm Druck und läßt aus dem Tropftrichter *D* 15 ccm rohes Wasserstoffpersulfid einfließen. Nach kurzer Zeit erfolgt lebhafte Destillation unter Schäumen. Läßt die Destillation nach (fließen die Tropfen aus dem Kühlrohr nur langsam ab), so schließt man Hahn α und öffnet β, wodurch der Destillationsrückstand in das U-Rohr *F* gesaugt und unschädlich gemacht wird. Dann öffnet man wieder α, schließt β, läßt von neuem 15 ccm rohes Persulfid einlaufen, destilliert, stellt die Hähne um usf.



Das Destillat in Vorlage *B* ist dann fast reines Hydrotrisulfid, H_2S_3, eine bei gewöhnlicher Temperatur hellgelbe, bei tiefer Temperatur farblose, ölige Flüssigkeit von unangenehm scharfem, an Chlorschwefel und Kampfer erinnernden Geruch. Sein spezifisches Gewicht bei 15° ist 1,496. Es erstarrt bei —52 bis —54° zu weißen, strahlig angeordneten Kristallen, ist mit Benzol, Chloroform, Schwefelkohlenstoff und Äther mischbar und gegen Alkalien sehr empfindlich. Schon die Alkalität des Glases genügt, um die Zersetzung einzuleiten; man muß daher alle Gefäße, mit denen es in Berührung kommt, auch die zu seiner Herstellung dienenden, mit Salzsäuregas andunsten.

Vorlage *C* enthält das mit etwas H_2S_3 vermischte flüchtigere Hydrodisulfid, H_2S_2. Diese Verbindung, das Schwefelanalogon des Wasserstoffsuperoxyds, ist bei gewöhnlichem Druck unzersetzt destillierbar (Siedep. 74—75°) und auf diese Weise leicht zu reinigen. Sie bildet eine wasserhelle bis schwach gelbliche, leicht bewegliche Flüssigkeit, riecht ähnlich wie H_2S_3, aber viel aggressiver, hat das spezifische Gewicht 1,376, ist bedeutend reaktionsfähiger und zersetzt sich bei gewöhnlicher Temperatur am Licht schon innerhalb 24 Stunden vollständig in Schwefelwasserstoff und schön kristallisierten Schwefel.

Hydrotrisulfid, H_2S_3, destilliert im Vakuum nur zum Teil unzersetzt; zum Teil zerfällt es in Schwefelwasserstoff und Schwefel ($H_2S + S_2$), zum Teil in Hydrodisulfid und Schwefel ($H_2S_2 + S$).

Über die Konstitution dieser Hydropersulfide läßt sich nichts Sicheres sagen, da über die Valenz- und Verbindungsverhältnisse des Schwefelatoms fast so gut wie nichts festgestellt ist. Es kämen für Hydrodisulfid, H_2S_2, hauptsächlich die Formeln

$$HS.SH \quad \text{und} \quad {H \atop H}\!\!>\!S:S,$$

für Hydrotrisulfid, H_2S_3, die Formeln

$$HS.S.SH, \quad {S \atop {\| \atop HS.SH}} \quad \text{und} \quad {H \atop H}\!\!>\!S:S:S$$

in Betracht. Die Formeln für jede Verbindung stehen zueinander im Verhältnis der Tautomerie, d. h. bei gleicher chemischer Zusammensetzung unterscheidet sich eine Formulierung von den anderen nur durch Verschiebung des einen *H*-Atoms zu einem anderen *S*-Atom hin. Vermutlich kommt den Verbindungen H_2S_2 und H_2S_3 unter den gewöhnlichen Umständen nicht eine bestimmte Formel zu, sondern die tautomeren Formen finden sich nebeneinander oder ineinander übergehend vor. Dafür spricht, daß beide Verbindungen verschieden gefärbt sind je nach der Tempera-

tur, welcher sie ausgesetzt werden. Sowohl H_2S_2 als auch H_2S_3 ist bei gewöhnlicher Temperatur hellgelb, bei tiefer Temperatur (Temperatur der Ätherkohlensäuremischung) farblos, was für das Vorherrschen der Kettenformulierung *HS.SH* bzw. *HS.S.SH* bei tiefer Temperatur sprechen dürfte. Umgekehrt nehmen beide Verbindungen bei höherer Temperatur tiefgelbe Farbe an (je höher die Temperatur, desto tiefer die Farbe), was vielleicht durch Vorherrschen von doppelt gebundenem Schwefel entsprechend den andern Formulierungen erklärt werden kann.

Von Verbindungen des Schwefels mit Wasserstoff sind also jetzt sichergestellt: H_2S, H_2S_2 und H_2S_3. Diese Körper bilden eine Reihe, in welcher sich das folgende Glied vom vorhergehenden um die Differenz S unterscheidet, ähnlich wie sich in der Reihe der Grenzkohlenwasserstoffe vom Methan, CH_4, aufwärts das folgende Glied vom vorhergehenden um die Differenz CH_2 unterscheidet: CH_4, C_2H_6, C_3H_8 ...... Und wie eine große Anzahl von organischen Verbindungen sich nach der Differenz CH_2 systematisieren läßt, so zeigt eine ganze Anzahl von Derivaten des Schwefels die konstante Differenz S. Mendelejew, der 1891 zuerst auf diese Analogie hinwies, faßte daher die Verbindungen H_2S_n als Homologe von H_2S auf, und danach läßt sich die Existenz von weiteren Gliedern der Reihe H_2S_n voraussehen. In der Tat, manche Anzeichen bei der Darstellung von H_2S_2 und H_2S_3 sprechen dafür, daß noch höhere Wasserstoffpersulfide existieren. Wahrscheinlich sind die Verbindungen H_2S_2 und H_2S_3 nicht oder nur zum geringen Teil als solche im „rohen" Wasserstoffpersulfid enthalten. Vielmehr dürften sie sich zum größten Teil erst durch Abbau von höheren Wasserstoffpersulfiden bilden. Die Isolierung dieser höheren Schwefelwasserstoffverbindungen steht bald in Aussicht.

I. Bloch.

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Zur Geschichte der Energetik. Hierzu liegen mehrere Veröffentlichungen von Arthur Erich Haas vor: Zwei Aufsätze über „die Begründung der Energetik durch Leibniz" und über „die historische Analyse des Energieprinzipes", beide in den *Ann. der Naturphilosophie, Bd. VII*, außerdem eine umfangreichere Schrift[1]), aus welcher der zweite der genannten Aufsätze einen Auszug darstellt.

In der erstgenannten Abhandlung wird dargelegt, daß Leibniz als der eigentliche Begründer der Energetik angesehen werden muß. Er steht seinerseits unter dem Einflusse von Descartes und Huygens. Der erste, der, anstatt allgemein von Erhaltung der Bewegung zu sprechen, ein bestimmte, mathematisch definierte und meßbare Größe einführte, war Descartes, wennschon die von ihm aufgestellte „Bewegungsgröße", das Produkt von Masse und Geschwindigkeit, sich nicht als brauchbar erwies, um das im Wandel der mechanischen Vorgänge konstant Bleibende darzustellen. Huygens ist in doppelter Hinsicht für die Geschichte des Energiegesetzes von Bedeutung. Er entwickelte bei der Behandlung des Problems vom Schwingungsmittelpunkt unter Verallgemeinerung eines schon von Galilei für die schiefe Ebene aufgestellten Theorems den Satz, daß bei der Bewegung eines Systems von beliebig vielen Körpern der Schwerpunkt des Systems nicht höher steigen könne, als wie er zu Beginn der Bewegung lag. Und er hat überdies für den elastischen Stoß bereits gezeigt, daß die Summe der Produkte aus Masse und Quadrat der Geschwindigkeit konstant bleibt. Leibniz folgte Descartes in dem Streben nach Aufstellung eines Erhaltungsgesetzes, aber er ersetzte dessen Kräftemaß durch das von Huygens an die Hand gegebene Produkt von Masse und Quadrat der Geschwindigkeit. Dies geschah zuerst in einer Abhandlung *Brevis demonstratio erroris memorabilis Cartesii* etc. (1686), dann in anderen Abhandlungen aus den Jahren 1691 und 1695, endlich namentlich in zwei nachgelassenen Abhandlungen, dem *Essay de Dynamique sur les lois du mouvement* und der streng systematisch aufgebauten *Dynamica de Potentia et Legibus naturae corporeae.* Den letzten beiden sind die Hauptbelegstellen des Verfassers entnommen.

Leibniz hat ganz richtig erkannt, daß das Produkt mv^2 nicht die einzige Form der „Kraft" darstellt. Er erweitert darum den Begriff der lebendigen Kraft zu dem der Energie, die er als *force vive absolue* oder auch als *potentia* bezeichnet. Energie ist nach Leibniz überall vorhanden, wo ein Gegenstand infolge seines Zustandes fähig ist, Wirkungen oder Veränderungen hervorzubringen, die aus sich

[1]) Die Entwicklungsgeschichte des Satzes von der Erhaltung der Kraft. 116 S. Wien, Alfred Hölder, 1909.

selbst nicht erfolgen könnten, und deren Größe eben ein Maß der betreffenden Energie bietet. Es besitzt also auch ein gehobenes Gewicht oder ein gespannter elastischer Körper Energie. Was sich in der Natur unverändert erhält, ist aber weder mv noch mv^2, sondern die Summe aus der aktuellen und der latenten Kraft. „Durch diese Erkenntnis hat Leibniz sowohl den Begriff der potentiellen Energie in die Physik eingeführt als auch in weiterem Sinne die Vorstellung der Mannigfaltigkeit der Energie begründet.“

Der Verfasser erörtert auch den Zusammenhang, in dem bei Leibniz diese Erkenntnis mit dem metaphysischen Prinzip der Gleichheit von Ursache und Wirkung steht. Es bedürfte aber einer viel eingehenderen Analyse, als der Verfasser sie hier vornimmt, um zu entscheiden, wie weit etwa metaphysische Gründe ausreichend gewesen sind, um den Satz von der Erhaltung der Energie abzuleiten. Soweit sich nach dem beigebrachten Material urteilen läßt, sind auch bei Leibniz Erfahrungen konkretester Art, wie sie schon in den erwähnten Sätzen von Galilei und Huygens verkörpert sind, von wesentlichem Einfluß gewesen; die metaphysische Einkleidung kann darüber nicht hinwegtäuschen.

Bemerkenswert ist, daß Leibniz den Satz von der Erhaltung der Energie auch auf das Universum anwendet: *Eadem semper potentia est in universo*; denn die Gesamtmenge der Energie muß in einem jeden System, das mit anderen in keinerlei Verbindung steht, konstant sein. Auch war Leibniz bestrebt, die uneingeschränkte Gültigkeit des Gesetzes namentlich in dem Fall scheinbarer Ausnahmen nachzuweisen. Insbesondere erklärt er den Verlust von lebendiger Kraft beim unvollkommen elastischen Stoß mit Hilfe innerer, nach außen unsichtbarer Bewegungen, die die kleinsten Teile eines Körpers ausführen, und nimmt an, daß jedem Verschwinden von kinetischer eine gleich große Vermehrung der inneren Energie entspreche, so daß die Gesamtmenge der Energie bei einer solchen Transformation ungeändert bleibe. Diese Erkenntnis bedeutet den Höhepunkt der älteren Energetik, der bis zum Ende des 18. Jahrhunderts nicht mehr überschritten wurde. —

In der zweiten Abhandlung sowie in der erwähnten Schrift dehnt der Verfasser seine Untersuchung auf die gesamte Entwickelung des Energieprinzips aus. Als die drei Motive, die zu allen Zeiten die mächtigsten Triebfedern wissenschaftlicher Forschung gewesen seien, bezeichnet er die Idee der Konstanz des Unveränderlichen inmitten aller Veränderung, die Idee der Einheit der Erscheinungswelt, und die Idee der Kompensation (besser Transformation), die nur eine präzisere Form der universellen Kausalitätsidee sei.

[Indessen dürfte der Verfasser die Bedeutung dieser „metaphysischen“ Ideen doch stark überschätzen; sie sind ebenso wie die sogenannten Arbeitshypothesen nur von heuristischem Wert, es sind Begriffe, die nach Inhalt wie nach Umfang erst durch die empirische Forschung ihre völlige Bestimmtheit erhalten, und deren Anwendungsbereich ebenfalls erst auf diesem Wege festgestellt wird. Das Beispiel Robert Mayers zeigt, wie sehr sich oft die Forscher selbst über die Beweiskraft der von ihnen benutzten metaphysischen Axiome täuschten; am auffälligsten ist dies bei Colding, dessen Demonstration, daß die Kräfte als völlig unvergänglich angesehen werden müßten (S. 19), nicht mehr Wert hat als der Beweis der Alten für die Kreisgestalt der Bahnen der Himmelskörper. Man darf daher den spekulierenden Naturphilosophen nur mit starker Einschränkung neben den experimentierenden Physiker und den analysierenden Theoretiker stellen; und vollends ist es anfechtbar, von „drei Methoden“ zu sprechen, durch deren enges Zusammenwirken allein ein wahrhaft großer Fortschritt in der Physik ermöglicht werde. Auch ohne Robert Mayers Deduktion zu kennen, hat Helmholtz seine Schrift über die Erhaltung der Kraft geschrieben; und ebensowenig dürfte Faraday durch Schelling beeinflußt worden sein, als er dem Gedanken der Einheit aller Kräfte nachging.]

Zur Geschichte des Energieprinzips bietet die genannte Schrift im übrigen dankenswerte Beiträge. Namentlich lehrreich sind die Ausführungen über den Einfluß, den die technische Mechanik durch die Arbeiten von Lazare Carnot, Coriolis und Poncelet auf die Entwickelung des Gedankens der Krafterhaltung ausgeübt hat. Bemerkenswert ist auch, daß der Verfasser die Rolle Stevins bezüglich der Erkenntnis von der Unmöglichkeit eines *Perpetuum mobile* anders bewertet als Mach; er findet, daß die bekannte Absurderklärung der beständigen Bewegung einer um eine schiefe Ebene herumgelegten Kette mit der Unmöglichkeit einer Kraftschaffung gar nichts zu tun habe, zumal gegen eine solche Bewegung (bei Voraus-

setzung von Reibungslosigkeit) vom Standpunkte des Energiegesetzes nichts einzuwenden sei. Auf zahlreiche andere interessante Einzelheiten kann hier aus Mangel an Raum nicht eingegangen werden, es sei vielmehr auf die lehrreiche Schrift selbst verwiesen. *P.*

4. Unterricht und Methode.

Die Fortschritte der Schülerübungsfrage im Jahre 1908. Sehr zu begrüßen ist es, daß Adolf Matthias in der neusten Auflage seiner *Praktischen Pädagogik für höhere Lehranstalten* (*S. 60*) den Wert der Schülerübungen hervorgehoben hat. „Beim Physikunterricht geht man mit Recht immer mehr darauf aus, die Selbsttätigkeit des Schülers in den Vordergrund zu rücken, in geeigneter Verbindung mit dem sonstigen physikalischen Unterricht physikalische Schülerübungen einzurichten".

In dem Jahresbericht des Kgl. Gymnasiums nebst Realschule zu Landsberg a. d. Warthe (1908, Progr.-Nr. 94) hat Prof. Dr. E. Hohnemann einen wertvollen Aufsatz über die physikalischen Schülerübungen am Gymnasium veröffentlicht. Er untersucht die wichtige Frage, wie man ohne Beeinträchtigung oder Verschiebung der gegebnen Ziele und Aufgaben des Gymnasiums dem Schüler, der danach verlangt, mehr als bisher die Gelegenheit und Freude gewähren kann, die Erkenntnis physikalischer Gesetze auf eigne Erfahrung zu stützen. — Die Übungen werden seit drei Jahren abgehalten. Es beteiligen sich daran durchschnittlich 8 Primaner und 8 Obersekundaner. Jede Klasse arbeitet in der Woche an zwei Nachmittagstunden in Gruppen zu je 2 Schülern. Ein besonderer Arbeitsraum steht nicht zur Verfügung. Für die Übungen ist die zerstreute Arbeitsweise gewählt, und es wird daher zuweilen möglich, dabei auch die Neigungen einzelner Schüler zu berücksichtigen. Im Sommer werden auch mehrfach geodätische Übungen im Freien veranstaltet, die zugleich eine willkommene Gelegenheit zu geologischen und geographischen Beobachtungen und Betrachtungen bieten. — Bei der Erwähnung der Geldmittel, die wiederholt die Staatsbehörde in dankenswerter Weise gewährt hat, hebt der Verfasser hervor, daß es unmöglich war, sich rechtzeitig über zweckmäßige und billige Apparate zu unterrichten und die Übungssammlung nach einem einheitlichen Plan einzurichten, da die Zuwendungen stets unvorhergesehen erfolgten und mit der Bedingung verknüpft waren, in sehr kurzer Frist, ja von einem Tage bis zum nächsten, eingehende Vorschläge über die Verwendung der Mittel einzureichen. Der freimütige Hinweis auf diesen Übelstand ist recht verdienstlich. Bei Neueinrichtungen treten leicht durch unvorhergesehne Verkettung von allerlei Umständen derartige Hemmungen ein. Es ist nützlich, sie möglichst rasch zu erkennen und zu beseitigen, damit künftig von den vorhandenen Mitteln stets und überall der beste Gebrauch gemacht werden kann. Sehr erwägenswert, wenn auch schwer zu erfüllen, ist auch der geäußerte Wunsch, daß die Behörde dem Lehrer bei der Verwendung außerordentlicher Geldzuschüsse freire Hand lasse und für die Rechnungslegung eine etwas längere Frist bewillige.

Bei den Verhandlungen der letzten Rheinischen Direktoren-Versammlung (vgl. d. Zeitschr. 21, 131; 1908) war an vielen Stellen zu erkennen, daß über das Thema *der naturwissenschaftliche Unterricht mit besonderer Berücksichtigung der Biologie und der praktischen Übungen* auch Prof. Milau ein hervorragendes, leider aber in dem Bericht über die Verhandlungen nicht abgedrucktes Gutachten geliefert hatte. Es ist daher mit Freuden zu begrüßen, daß Prof. Milau in der Beilage zum Jahresbericht der Realschule zu Kreuznach (1908, Progr.-Nr. 666) seine Ansichten *über die Bedeutung des physikalisch-chemischen Unterrichts und seine Förderung durch praktische Schülerübungen* niedergelegt hat. Er erörtert in dieser Abhandlung die wachsende Bedeutung des naturwissenschaftlichen Unterrichts, die sogenannte praktisch-heuristische Unterrichtsmethode im allgemeinen, die Schülerübungen für die Übergangszeit, insbesondre an kleineren Anstalten, ihre Einrichtung an der Realschule zu Kreuznach und zum Schluß die Auswahl der Übungen. Es ist überflüssig, auf den reichen Inhalt dieser trefflichen Schrift hier im einzelnen einzugehen, da jeder, der sich mit der Verbesserung des physikalischen Unterrichts befaßt, und vor allen jeder Physiklehrer an einer Nichtvollanstalt diese Abhandlung eingehend studieren wird, doch sei folgende Stelle (S. 18) wegen der Klärung, die sie schafft, wörtlich mitgeteilt: „Ein neues Unterrichtsfach, oder hier besser passend ein neues Unterrichtsverfahren, kann dann fakultativ eingeführt werden, wenn man seine Nützlichkeit und Zweckmäßigkeit anerkannt, es muß aber dann zu einer obligatorischen

Forderung — wenn auch vielleicht nur allmählich — gemacht werden, wenn man sich von seiner Notwendigkeit überzeugt hat. Das letztere ist hier der Fall. Beständen die Übungen in einem neu einzuführenden Unterrichtszweig, so könnte man allenfalls an wahlfreie Einführung denken, eine neue Methode aber, ein besserer praktischer Unterrichtsbetrieb, kann doch nur entweder gar nicht oder für alle Schüler gleichmäßig und verbindlich eingerichtet werden." Zu der auch hier erörterten schwierigen Zeitfrage möchte ich bemerken, daß jetzt am Dorotheenstädtischen Realgymnasium versuchsweise die Klassen *O III M* und *U II O* in der Physik geteilt worden sind. Die Stunden (Doppeleckstunden) liegen in diesem Sommer in *U II O* Montags von 8—10, Mittwochs von 12—2 und in *O III M* Freitags von 8—10 und von 11—1. Jeder Schüler dieser Klassen hat in der Woche eine Doppelstunde Physik, d. h. der Untersekundaner eine Stunde weniger als seither. Der Lehrer gibt trotzdem, da jetzt für diese Klassen die pseudofakultativen Stunden auf dem Stundenplan verschwinden, ebensoviel Stunden wie vorher, es erwachsen mithin der Stadt keine Unkosten aus diesem Versuch. Die Lehrziele entsprechen den normalen Lehraufgaben; der Lehrstoff hingegen ist von allen Nebensachen und jedem Wertlosen befreit und dadurch lichtvoller und wuchtiger geworden. Die Übungen sind mit dem Klassenunterricht verwebt; die Demonstrationen freilich werden in jeder Abteilung, also zweimal in jeder Klasse, gemacht. —

Aus dem Jahresbericht über das Kgl. Alte Gymnasium zu Würzburg für das Schuljahr 1907/08 ist zu entnehmen, daß an dieser Schule Konrektor J. Lengauer wahlfreie physikalische Übungen abhält, und zwar in 4 Abteilungen, die je eine Stunde in der Woche arbeiten. Die mitgeteilten Übungsaufgaben verdienen sehr die Beachtung der Physiklehrer an Gymnasien.

Der erste Jahresbericht der Kgl. Luitpold-Kreisoberrealschule zu München, an deren Spitze Rektor Dr. Krallinger steht, enthält auf S. 70 einen kurzen Bericht von A. Luck über die verbindlichen physikalischen Schülerübungen. Klar und knapp werden die Ziele, der Betrieb und die Arbeitsräume geschildert. Auf der Unterstufe wird in gleicher Front gearbeitet, die Klassen sind bei den Übungen geteilt, die eine Abteilung arbeitet physikalisch und die andre gleichzeitig chemisch. Der Abschnitt „Visitationen und sonstige Besuche" zeigt, daß der Staatsminister v. Wehner in Begleitung des Ministerialrats v. Blaul den Übungen beigewohnt hat, und daß die Praktikanten verschiedner pädagogisch-didaktischer Seminare zu München mehrfach die Übungen besucht haben. Dies alles verrät, mit welchem Eifer sich Bayern bemüht, mit seinen neuen Oberrealschulen die Führung bei der sich jetzt vollziehenden Neugestaltung des physikalischen Unterrichts zu übernehmen, und der zahlreiche Besuch aus Ungarn, Rußland, Japan, Uruguay und Nordamerika läßt erkennen, daß man auch im Ausland die Fortschritte des bayerischen Schulwesens aufmerksam verfolgt.

In dem Bericht der Oberrealschule zu Bremen (1908, Progr.-Nr. 944) ist der Umbau der Schule und die Neueinrichtung der naturwissenschaftlichen Unterrichtsräume beschrieben. Dem Physikunterricht sind sechs Räume (220 m^2), Lehrzimmer, Schülerübungsraum, Vorbereitungszimmer, Sammlungsraum, Dunkelzimmer und Verwalterzimmer, und dem Chemieunterricht ebenfalls sechs ebenso große Räume zugewiesen. Prof. Dr. Grosse und Prof. Dr. Fricke haben die Einrichtungen zwar nur knapp beschrieben, aber einen ausführlichen Plan der physikalischen Lehrräume beigefügt und damit den Kollegen, die vor einem Neu- oder Umbau stehen, einen großen Dienst erwiesen.

In dem *Bulletin de l'Union des Physiciens* (*3. 57: 1909*) ist der Bericht veröffentlicht, den J. Faivre-Dupaigne, l'Inspecteur d'Académie rapporteur, im Juni 1908 dem Conseil Académique de Paris über den physikalischen und biologischen Unterricht abgestattet hat. Dieser Bericht, der sechs Jahre nach der Einführung der neuen französischen Lehrpläne abgefaßt ist, prüft die bisher eingeschlagnen Wege und stellt die erreichten Ergebnisse fest, weist aber zugleich auf einige Mängel der Neugestaltung hin, die bei der Durchführung zutage getreten sind. Die Änderung des physikalischen Unterrichts stellte bei den Realabteilungen der höhern Schulen große Anforderungen an die Arbeitskraft und den Scharfsinn der Lehrer. Es waren anregende Schülerübungen auszuwählen, die Demonstrationen zu vermehren und zu verbessern und Sammlungen einfacher Apparate zu schaffen. Die auserlesnen Lehrkräfte der Pariser Lyzeen und die so eifrigen der Lyzeen und Kollegien in der Provinz gingen sofort ans Werk. Es wurden neue Arbeitsräume eingerichtet, die

elektrischen Anlagen vermehrt, die Werkstätten mit den nötigen Werkzeugen ausgerüstet, zahlreiche Apparate ersonnen und ausgeführt, mit einem Wort, es zog frisches Leben in die Arbeitsräume und die Klassen ein. Von den 20 Lyzeen und 23 Kollegien der Académie de Paris zeigten 33 diese Regsamkeit, nur 10 Kollegien blieben zurück, weil die Räume, die Apparate oder die geeigneten Lehrkräfte fehlten. Wie groß der Fortschritt während der letzten 6 Jahre gewesen ist, zeigte sich auf der französisch-englischen Ausstellung zu London. Dort war eine Sammlung von Apparaten zu sehen, die in Pariser Lyzeen gebaut oder ersonnen waren. Die englische Abteilung enthielt nichts Gleichwertiges[1]). Von allen Lehrgegenständen der Realabteilungen hat die Physik am vollkommensten die Erwartungen erfüllt, die bei der Umgestaltung von 1902 gehegt wurden. Diesen großen Erfolg verdankt Frankreich der Ausbildung, der Rastlosigkeit und der Opferwilligkeit seiner Lehrer. — Der Physikunterricht an den Gymnasialabteilungen, an denen keine Schülerübungen stattfinden, hat hingegen keine befriedigenden Ergebnisse geliefert. — Die Klagen und Mängel, die nach der Umgestaltung des Physikunterrichts hervorgetreten sind, beruhen, wenn es auch der Inspektor nicht zugibt, auf drei Übelständen: 1. auf einer zu geringen Freiheit der Lehrer in der Auswahl und Verteilung des Lehrstoffs, 2. auf der Überbürdung mit Lehrstoff und 3. auf einem verkehrten Prüfungswesen. — Der Bericht läßt übrigens deutlich erkennen, welche bedeutenden Mittel in Frankreich der Staat und die Städte aufwenden, um im physikalischen Unterricht die übrigen Kulturvölker zu überflügeln.

Die von der *British Association* eingesetzte Kommission für die Lehrpläne der höhern Schulen hatte eine Subkommission gebildet, die feststellen sollte, in welcher Reihenfolge man an den höhern Knabenschulen am besten die Naturwissenschaften unterrichtet. Die Subkommission hat bei Lehrern der Naturwissenschaften an höheren Schulen verschiedner Art, bei Inspektoren und bei Examinatoren eine Umfrage veranstaltet, deren Ergebnis in der *School World 10, 386; 1908* veröffentlicht worden ist. Der Bericht unterscheidet zwei Gruppen höherer Knabenschulen. Die Gruppe *A* umfaßt die Anstalten, die ihre Schüler im Alter von 15 bis 16 Jahren entlassen, und die Gruppe *B* solche, wo die Schüler im Alter von 18 bis 19 Jahren abgehen. Die nachfolgende Tafel zeigt die Verteilung des naturwissenschaftlichen Lehrstoffs an den nicht gymnasialen Abteilungen dieser Schulen. Die Zahlen I, II und III deuten an, daß der Gegenstand an wenigen, an der Mehrzahl oder fast an allen Schulen behandelt wird.

Gegenstand	Durchschnittsalter													
	A							B						
	10	11	12	13	14	15	16	12	13	14	15	16	17	18
Biologie	I	I	I					II	II	II		I	I	I
Maß und Messen			III	III	I					II	III			
Aufangsgründe d. Wärmelehre				I	III	I					II	III	I	
Mechanik				II	II	I	I				I	II	II	III
Wärme und Licht				I	II	II	I					I	II	II
Elektrizität							II						II	III
Grundlehren der Chemie					III					I	II	III		
Systematische Chemie						III	III						III	III
Schall												I	I	I

Der Abschnitt Maß und Messen, der die Anfangsübungen umfaßt, wird nur an wenigen Schulen mit dem mathematischen Unterricht vereinigt; das Fehlen dieser Verbindung wird vielfach beklagt. Die Anfangsgründe der Wärmelehre werden vor den Grundlehren der Chemie oder in Verbindung damit behandelt. Die eigentliche Physik wird gewöhnlich in der Reihenfolge Mechanik,

[1]) Sollten die Engländer hier wirklich ihre besten Schulapparate ausgestellt haben, so ist dieser Sieg der französischen Lehrer eine wahrhaft bewundernswerte Leistung.

Wärme, Licht, Elektrizität gelehrt. An wenigen Schulen nimmt man einige Grundbegriffe der Mechanik nach Erledigung des Abschnitts Maß und Messen voraus und verschiebt die Teile, die größre mathematische Schulung voraussetzen, auf die Alterstufe von 17 Jahren. Die Lehre vom Schall wird gewöhnlich weggelassen. — Die Umfrage hat ergeben, daß man Lehrbücher nur in den obern, nicht aber in den untern Klassen benutzt. Bei Schülerübungen in gleicher Front ist eine gedruckte Anleitung nicht erforderlich, wohl aber bei der zerstreuten Arbeitsweise. Sind wenig Apparate vorhanden und die Klassen klein, ist der Leiter nicht überlastet, und wird er außerdem von einem Demonstrator unterstützt, so ist die zerstreute Arbeitsweise durchführbar, wenn die Schüler einen gedruckten Leitfaden benutzen. Bei großen Klassen und vielen Apparaten läßt man in gleicher Front arbeiten. — Überall sind Schülerübungen eingeführt. Häufig wird der Wert der Übungsberichte der Schüler hervorgehoben. Viele Lehrer beklagen den schädlichen Einfluß, den die auswärts abzulegenden Prüfungen auf die Übungen ausüben, da diese Prüfungen die Anwendung der besten Verfahren hindern oder unmöglich machen. — Geklagt wird ferner über unzureichende mathematische Schulung und über die Ungleichheit der Begabung und des Wissens bei den Schülern.

Die Subkommission hat aus ihrer Umfrage eine Reihe von Schlüssen gezogen, aus der folgende hervorgehoben seien: Uneingeschränktes Lob verdiene die Beachtung, die man überall den Schülerübungen schenkt, und das Bemühen, in den Schülern die Fähigkeiten des Handelns und des Beschreibens zu entwickeln. Die große Freiheit, die man den Lehrern gewähre, habe sie zu unabhängigen Versuchen und reiflicher Prüfung ihrer Arbeit angeregt. Die so entstandne Mannigfaltigkeit und Geschmeidigkeit der Lehrverfahren sei ein Vorzug, der bewahrt bleiben müsse. Es sei wünschenswert, den Lehrern durch Ändrung des Prüfungswesens noch größre Freiheit zu verschaffen und die Störungen des Unterrichtsbetriebs durch die Prüfungen zu beseitigen. Keinen Lehrplan könne man als vollkommen ansehen, der nicht mindestens während zwei Jahren praktisches Arbeiten der Schüler verlangt. — Die Subkommission lenkt nachdrücklich die Aufmerksamkeit der Direktoren und der Lehrer der Naturwissenschaften auf das Problem, wie man an den gymnasialen Abteilungen ohne Überlastung den Unterricht in den Naturwissenschaften geistig fruchtbar und anregend gestalten kann. Sie glaubt, daß man den Wert unterschätzt, den für ältere und gescheite Schüler gründliche und anregende naturwissenschaftliche Bücher und gute Vorträge haben. Entwicklungslehre, Geologie, Elektrizität, Optik, Schall, Physiologie des Menschen und Astronomie scheinen ihr geeignete Gegenstände zu sein. Die Ansicht, daß während der letzten Jahre das allgemeine Interesse an den Naturwissenschaften gesunken sei, wird von der Subkommission geteilt; sie ist der Meinung, daß die Schulen mithelfen müssen, dies zu ändern. Sie erkennt den Wert quantitativer Verfahren durchaus an, glaubt aber, daß auch die qualitativen Arbeiten Ermuntrung und Wertschätzung verdienen. Sie wünscht die Aufzucht von Studenten zu vermeiden, die J. J. Thomson mit den Worten geschildert hat: Sie beginnen ihre Tätigkeit mit dem Wissen, wie jede physikalische Größe unter der Sonne zu messen und zu wägen ist, aber ohne den leisen Wunsch oder Trieb, irgendetwas damit anzufangen. — Die Subkommission findet, daß zwischen Mathematik und Physik und zwischen Physik und Handfertigkeit bis jetzt zu wenig Verbindung hergestellt ist. Sie hält es für ein Bedürfnis, den naturwissenschaftlichen Unterricht enger mit den Erfahrungen des alltäglichen Lebens in Beziehung zu setzen. Es fehle an anregend und schön geschriebnen Büchern über naturwissenschaftliche Arbeiten und Großtaten. Es sei unklug, die Vorstellungen der Knaben von den Naturwissenschaften auf die engen Erfahrungen zu beschränken, die sie im Übungsraum und im Schulzimmer sammeln. Solch ein Unterrichtsbetrieb führe oft zu einer Abneigung gegen die Naturwissenschaften. — Die Subkommission tadelt, daß es an den höhern Schulen aller Gattungen zu wenig Laboratoriumsassistenten gibt, und bezeichnet dies als *a most wasteful „economy“*.

Die *Nature 79, 382; 1909* bringt einen Bericht, den zwei Kommissionen der British Science Guild auf der allgemeinen Versammlung am 22. Januar 1909 erstattet haben. Aus den Beschlüssen sei folgendes hervorgehoben: An jeder öffentlichen oder privaten niedern oder höhern Schule soll in allen Lehrfächern der Unterricht so erteilt werden, daß der Schüler an sorgfältige Beobachtungen und Versuche gewöhnt wird. Zu diesem Zweck sollen nicht nur in Laboratorium und Werkstatt Übungen stattfinden, sondern es soll das

naturwissenschaftliche Denkverfahren so weit als möglich aus Laboratorium und Werkstatt in die gewöhnlichen Schulzimmer hineingetragen werden. Auf diesem Wege würde die Schule die beste Vorbereitung für das gewerbliche Leben gewähren und auch gleichzeitig verbürgen, daß die Schüler, die später studieren, zu der Arbeit, die ihnen künftig auf den verschiednen Gebieten der menschlichen Tätigkeit, die Verwaltung der öffentlichen Ämter eingeschlossen, obliegt, eine hinreichende Schulung im wissenschaftlichen Denken mitbringen.

Auf der allgemeinen Versammlung der British Science Guild im Jahre 1907 hat der Direktor von Eton die Ansicht geäußert, daß eine Vermehrung des naturwissenschaftlichen Unterrichts an den Stiftschulen (Public schools) durch die großen Unkosten verhindert werde, die mit den Schülerübungen verbunden seien. Eine Subkommission der Guild hat sich mit dieser Frage beschäftigt und über den Übungsunterricht und seine Ausdehnung einen Bericht erstattet, aus dem folgendes hervorzuheben ist: Die Unkosten seien nicht ein handgreiflicher und verdammenswerter Fehler eines immer noch verdächtigen Lehrfaches, sondern das Lebensblut zur Erzeugung jener Kräfte, auf denen die moderne Zivilisation beruht. „In Lebensfluten, in Tatensturm schreite die Bewegung fort, ganz gleichgültig, ob gewisse Gesellschaftskreise sie unbeachtet lassen oder sie ausnützen". Die Lehrer hätten auch erkannt, daß Einfachheit und Schlichtheit eines Apparates ein großer Vorzug ist, und daß der erziehliche Wert des Unterrichts mit der Dürftigkeit der Lehrmittel sogar wächst. In steigendem Maß knüpfe jetzt der naturwissenschaftliche Unterricht an die Erfahrungen des bürgerlichen und gewerblichen Lebens an, und immer mehr benutze er zu seinen Versuchen Gegenstände des alltäglichen Lebens. Man gebe jetzt allgemein zu, daß ein übermäßig durchgearbeiteter Apparat die Unternehmungslust und die Erfindungsgabe der Schüler hemmt (wie ja auch ein kostbares mechanisches Spielzeug die Einbildungskraft des Kindes verkümmern läßt) und die Schülerübungen zu schroff von den Ereignissen des täglichen Lebens scheidet. Arbeiten in der Werkstatt könnten vorteilhaft die Schülerübungen ergänzen und ihnen eine breitere praktische Grundlage geben. Reiße man die Scheidewand zwischen physikalischen Übungen und Handfertigkeitsunterricht nieder, so vermindere man die Unkosten und steigere den Reiz. Solch ein Übungsfeld für das induktive Denken sei ein dringendes Bedürfnis bei einem Unterricht, der immer noch in großem Umfang der Tummelplatz deduktiver Darbietungen ist. Ein großer Schatz von Erfahrungen, der nur durch enge Vertrautheit mit den Eigenschaften und den Schranken der Materie gewonnen werden kann, sei ein notwendiges erziehliches Gegengewicht gegen alles abstrakte Denken, sei es naturwissenschaftlicher oder andrer Art; *and we should beware how we repress it lest we destroy that practicalmindedness which we treasure as one of the most valuable of our national assets.* Es sei entmutigend, heute noch andern Ansichten zu begegnen, die ehemals gerechtfertigt waren, als man die Arbeitsweisen der Universitäten auf die Schulen übertrug, ohne sie deren geistigem Niveau anzupassen. Ausgedehnte Nachforschungen hätten ergeben, daß zurzeit die Unkosten der Übungen an den Stiftschulen jährlich etwa 20 M und an den übrigen höhern Schulen etwa 10 M für jeden Schüler betragen. Sollen physikalische und chemische Arbeitsräume eingerichtet, mit Geräten ausgerüstet, mit Verbrauchsgegenständen versorgt und biologische Übungen veranstaltet werden, so erforderten nach einer sichern, sehr hoch gegriffnen Abschätzung alle diese Einrichtungen, wenn 100 Schüler jede Woche 10 Stunden arbeiten, also eine Leistung von 40000 Schülerstunden/Jahr, während der ersten 10 Jahre eine durchschnittliche jährliche Ausgabe von 3000 M. Nach Ablauf dieser Ausrüstungszeit betrügen die jährlichen Unkosten der Unterhaltung und Ergänzung etwa 2000 M. Die Unkosten für den Kopf würden während der Ausrüstungszeit niemals 30 M das Jahr übersteigen, und es sei zu erwarten, daß sie nach einem Zeitraum, der mit dem Umfang der Übungen, dem Grad der Spezialisierung und der Zahl der Schüler schwankt, beträchtlich unter diesem Betrag bleiben. Die notwendige Voraussetzung sei freilich, daß ein erfahrner Lehrer diese Einrichtungen leitet. Ein falscher Anfang durch einen Neuling könne ihm und seinem Nachfolger auf Jahre hinaus arge Verlegenheiten bereiten. Aus diesem Grunde wäre es nützlich, wenn eine unabhängige Körperschaft als dauernde Kommission eingesetzt würde, um die Erfahrungen zusammenzustellen und zu sichten und um die Unerfahrnen zu beraten und zu leiten. — Dieser Kostenanschlag hat im wesentlichen nur für Stiftschulen Bedeutung. In England und Wales gibt es etwa 750 höhere Schulen, die dem Board of Education unterstehen und bei

tüchtigen Leistungen Zuschüsse (grants) erhalten. Diese Schulen besuchen etwa 100000 Schüler, die nach einem vom Board genehmigten Lehrplan unterrichtet werden, der für ausreichender Ausbildung in den Naturwissenschaften sorgt. Das Board verlangt, daß der naturwissenschaftliche Unterricht Schülerübungen einschließt. In jeder dieser höhern Schulen müssen ein oder mehrere Laboratorien eingerichtet, mit Arbeitstischen ausgestattet, mit Wasser, Gas und womöglich mit elektrischem Strom versorgt und ausreichend mit Geräten ausgerüstet sein. Die Kuratorien aller dieser Schulen müssen für die Schülerübungen Arbeitsräume einrichten und Geräte anschaffen, ob sie wollen oder nicht. Die Schulen werden nicht als leistungsfähig anerkannt und erhalten keinen Anspruch auf Zuschüsse, wenn sie nicht die Vorschriften erfüllen, die das Board für die naturwissenschaftlichen Schülerübungen erlassen hat. Die höhern Schulen, die keine Zuschüsse empfangen, die sich selbst aber scharfen Wettbewerb machen, zwingt die Selbsterhaltung, dem naturwissenschaftlichen Unterricht eine hervorragende Stellung in ihren Lehrplänen einzuräumen Eine Ausnahme bilden nur noch einige wenige Stiftschulen, die einem Teil ihrer Schüler eine beschränkte Möglichkeit bieten, Naturwissenschaften zu betreiben. Sollte man an diesen Schulen eine Verstärkung des naturwissenschaftlichen Unterrichts wünschen, so bilden die Unkosten seiner Einrichtung nicht das wirkliche Hindernis.

Über die Umgestaltung des physikalischen Unterrichts in den Vereinigten Staaten Nordamerikas folgt ein besonderer Bericht in einem der nächsten Hefte. *H. Hahn.*

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Handbuch zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik. In chronologischer Darstellung. Zweite umgearbeitete und vermehrte Auflage. Unter Mitwirkung von R. du Bois-Reymond und C. Schaefer herausgegeben von Prof. Dr. L. Darmstaedter. Berlin, Julius Springer, 1908. 1262 S. Geb. M 16,—.

Das Buch ist eine Neubearbeitung des 1904 erschienenen Werkes „4000 Jahre Pionier-Arbeit in den exakten Wissenschaften". Es ist zu einem stattlichen Werke herangewachsen, das dazu berufen ist, ein Grundbuch für die historische Orientierung in allen exakten Wissenschaften zu werden. Die Anordnung des Stoffes ist überaus glücklich, indem innerhalb jedes Jahres die Namen alphabetisch geordnet sind; am Schlusse aber findet sich ein 68 Seiten umfassendes Personenverzeichnis und ein 122 Seiten umfassendes Sachverzeichnis, wodurch die Benutzung ungemein erleichtert und vereinfacht wird. Die Übersicht ist bis zum Jahre 1908 fortgeführt; die Anzahl der Artikel wächst mit den Jahren beständig, aus dem Jahre 1907 allein sind deren 93 vorhanden. Die Angaben sind zumeist so detailliert, was Darstellung von Stoffen, Abmessung von Konstruktionen, Beschreibung von Versuchen u. dgl. betrifft, daß die Lektüre ein klares, auf keine andere Weise so rasch zu gewinnendes Bild von den Fortschritten innerhalb eines bestimmten Jahres gewährt. Gleichzeitig ist das Buch ein Nachschlagewerk von unvergleichlicher Vollständigkeit, dessen Anschaffung nicht bloß für Bibliotheken, sondern für den Privatgebrauch angelegentlich empfohlen werden kann.

P.

Das Prinzip der Erhaltung der Energie. Von Dr. Max Planck, Prof. an der Universität Berlin. Von der philosophischen Fakultät Göttingen preisgekrönt. Zweite Auflage. (Wissenschaft und Hypothese, Band VI.) Leipzig u. Berlin, B. G. Teubner, 1908. XVI und 278 S. Geb. M 6,—.

Die Schrift ist ein revidierter, nur mit einigen Anmerkungen versehener Abdruck der im Jahre 1887 preisgekrönten Abhandlung, die auch heute noch für jeden, der sich über dieses prinzipielle Thema tiefer orientieren will, von größtem Interesse ist. Eine Anmerkung zum Vorwort weist darauf hin, daß es auch jetzt noch vorkommt, daß zwei so wesensverschiedene Vorgänge wie der Übergang von Wärme von höherer zu tieferer Temperatur und das Herabsinken einer schweren Masse von höherem zu tieferem Niveau durcheinander geworfen werden, insofern man glaubt, sie beide auf einen einzigen Satz, den zweiten Hauptsatz der Energetik, zurückführen zu können; in Wirklichkeit lasse sich nur der zweite dieser Vorgänge aus dem Energieprinzip ableiten, während der erste bis jetzt nicht anders als durch Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen erklärt werden könne. *P.*



Populäre Astrophysik. Von Dr. J. Scheiner, Professor an der Universität Berlin und Hauptobservator am Astrophysikal. Observatorium bei Potsdam. Mit 30 Tafeln und 210 Fig. im Text. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1908. 718 S. Geb. M 12,—.

Das Buch ist aus einleitenden Vorlesungen für Studierende hervorgegangen und nicht sowohl für den Astronomen und Astrophysiker von Fach als für den gebildeten Laien bestimmt. Besonders aber auch Lehrer der Mathematik und der Physik werden darin reiche Belehrung finden. Mathematische Betrachtungen sind möglichst vermieden oder gehen doch nicht über den Standpunkt eines Gymnasialabiturienten hinaus. Der I. Teil (S. 9—328) behandelt die astrophysikalischen Methoden, nämlich Spektralanalyse, Photometrie, Strahlungsmessung und Himmelsphotographie, der II. Teil (S. 329—706) die Ergebnisse der astrophysikalischen Forschung, insbesondere die Sonne, dann Planeten, Monde, Kometen, Meteore, Zodiakallicht, dann die Nebelflecke, endlich die Fixsterne. Aus dem reichen Inhalt sei hervorgehoben, daß der auf dem Gebiet der Sonnenforschung besonders kundige Verfasser in diesem Buch die „effektive“ Sonnentemperatur zu 6250°, die Temperatur der Photosphäre zu 7000° angibt. Die sehr schönen photographischen Tafeln, die dem Buch beigegeben sind, stellen dar: I—X Erscheinungen der Sonnenoberfläche, XI—XIII Mond, XIV—XVI Kometen, XVII bis XXVIII Nebelflecke und Milchstraße, XXIX—XXX Sternhaufen. *P.*

Vorschule der Experimentalphysik. Von Dr. Adolf F. Weinhold. Fünfte verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 445 Textfiguren und 2 Tafeln in Farbendruck. Leipzig, Quandt & Händel, 1907. 580 S. M 10,50.

Diese Auflage ist hauptsächlich um einen Abschnitt über Funkentelegraphie (S. 548 bis 563) vermehrt; die beschriebene, auch für Selbstanfertigung berechnete Vorrichtung gestattet, ein hörbares Glockenzeichen auf einige Meter Entfernung, auch durch eine Wand oder Tür hindurch, hervorzubringen. *P.*

Rechtschreibung der naturwissenschaftlichen und technischen Fremdwörter. Unter Mitwirkung von Fachmännern herausgegeben vom Verein Deutscher Ingenieure. Bearbeitet von Dr. Hubert Jansen. Berlin-Schöneberg, Langenscheidtsche Verlagsbuchhandlung, 1907. 122 S.

Durch die neue amtliche Rechtschreibung ist die Unsicherheit in betreff der Schreibung der Fremdwörter vermehrt worden, indem neben der alten, gelehrten vielfach eine neue, volkstümliche Schreibweise als gleichberechtigt anerkannt wurde; ja durch die Buchdruckerausgabe des Dudenschen Wörterbuches von 1903 wurden sämtliche Doppelschreibungen der amtlichen Regelbücher zugunsten der volkstümlichen Schreibweise beseitigt. Um den hieraus entspringenden Mißständen abzuhelfen, wurde von einer Anzahl wissenschaftlicher Gesellschaften und Behörden eine Rechtschreibungskonferenz berufen. Diese beschloß, daß für die Termini technici die historische Schreibweise beizubehalten sei, daß dagegen die amtliche Rechtschreibung überall da anzuwenden sei, wo es sich nicht um Termini technici handle. Ein Arbeitsausschuß stellte dann auf Grund dieser Beschlüsse das vorliegende Wörterverzeichnis zusammen, dem eine Reihe allgemeiner Grundsätze vorausgeschickt sind. Man wird hiernach z. B. nur *Acidimetrie*, *Calcium*, *Acceleration*, dagegen *Akkommodation*, *Akkumulator* zu schreiben haben. Es ist wünschenswert, daß diese fast allseitig anerkannten Festsetzungen auch bei der Abfassung von Lehrbüchern für den Schulgebrauch befolgt werden. *P.*

Lehrbuch der Physik für humanistische Gymnasien und höhere Mittelschulen. Nach dem ministeriellen Lehrplan bearbeitet von Johann Kleiber. Vierte Auflage mit 462 Figuren, 8 farbigen Spektralbildern, zahlreichen Musterbeispielen und Übungsaufgaben samt Lösungen. München und Berlin, R. Oldenbourg, 1907. 218 S. M 3,—.

Experimental-Physik für die Unterstufe. Zum Gebrauch an bayrischen Realschulen bearbeitet von Johann Kleiber. Mit 341 Figuren, 4 Spektralbildern, zahlreichen Schülerübungen und Musterbeispielen. München und Berlin, R. Oldenbourg, 1908. 216 S. M 2,50.

Die vierte Auflage des Lehrbuchs für Gymnasien ist gegen die erste, 1901 erschienene erheblich verbessert und vermehrt worden, sowohl durch eine Reihe neuerer Apparate und Versuchsanordnungen als auch durch eine große Zahl neuer Figuren, unter denen sich auch mehrere Vollbilder, z. B. eines Kriegsschiffes, eines bemannten Luftballonkorbes, befinden. Hier und da sind auch leichtere Schülerversuche eingefügt. Das Buch, dessen Eigenart bereits früher (ds. Zeitschr. *15*, *116*) gewürdigt ist, hat namentlich an den bayrischen Gymnasien, für deren Unterricht es seiner Anlage nach in erster Reihe bestimmt ist, daneben aber auch an

außerbayrischen Schulen steigende Anerkennung gefunden. —

Die Experimental-Physik für die Unterstufe, dem bayrischen Lehrplan für Realschulen angepaßt, ist ein Auszug aus dem Lehrbuche und enthält für den genannten Zweck einen sehr reichlichen Stoff. Besonders bemerkenswert ist die Beigabe von kurzen Anleitungen für Schülerübungen; auf diese wird an anderer Stelle in dieser Zeitschrift noch zurückzukommen sein. *P.*

Handbuch für physikalische Schülerübungen. Von Hermann Hahn, Prof. am Dorotheenstädtischen Realgymnasium und Leiter der praktischen Kurse für physikalische Schülerübungen in der alten Urania zu Berlin. Mit 340 in den Text gedruckten Figuren. Berlin, Julius Springer, 1909. XII u. 507 S. M 20,—; geb. M 22,—.

Vielleicht das größte Hindernis, das seither einer rascheren Ausbreitung der physikalischen Schülerübungen im Wege stand, war das weitverbreitete Vorurteil, daß die Einführung und Leitung solcher Übungen eine besonders schwierige Sache sei, die sich nicht von jedermann an jeder Schule erfolgreich durchführen lasse, und die insbesondere große Geldmittel erfordere.

Dieser falschen Auffassung wird Hermann Hahns Handbuch mit Erfolg entgegentreten, indem es auch dem Neuling auf diesem Gebiete die Wege zeigt und ihm alles Notwendige und Wissenswerte mitteilt. Es enthält einen reichen Schatz von Aufgaben aus den meisten Teilen der Physik, weit mehr, als im allgemeinen in einem Kursus bearbeitet werden können, mit vollständiger Disposition, ja sogar mit allen zu stellenden Fragen, ausführliche Anleitung zur Behandlung dieser Aufgaben, erschöpfende Zusammenstellung der instrumentellen Hilfsmittel bis zum kleinsten Stückchen Bindfaden, Anleitung zur Bearbeitung und Diskussion der Resultate usw. Wer den Wunsch und den guten Willen hat, seinen Unterricht auf solchen praktischen Übungen und intensiver Selbsttätigkeit der Schüler aufzubauen, findet in diesem schönen Buche alle Belehrung, deren er bedarf, in bequemer und erschöpfender Weise zusammengestellt.

Wenn sich aber das Handbuch durch die Breite und Voraussetzungslosigkeit seiner Darstellung in erster Linie an diejenigen Physiklehrer wendet, die Schülerübungen erst einführen und einrichten wollen, so finden doch auch solche, die hier schon über eigene Erfahrung verfügen, viele wertvolle Anregungen. Sehr dankenswert sind insbesondere die zahlreichen praktischen Winke und Ratschläge für Selbstanfertigung der Apparate und Geräte, die der Verfasser aus seiner reichen Erfahrung mitteilt, denn nur wenige Fachgenossen verfügen über so große Mittel, wie sie ihm zu Gebote standen, und den meisten werden daher gerade diese Anregungen besonders willkommen und förderlich sein. Hahn hat alle Vorarbeiten sorgfältig benutzt und namentlich auch die vielfach vorbildlichen Leistungen der Engländer und Amerikaner für den deutschen Unterricht fruchtbar gemacht, er teilt aber nichts mit, was er nicht selbst auf das sorgfältigste geprüft und bewährt gefunden hat; gerade in diesem Umstand liegt ein besonderer Wert des Buches.

Auch diejenigen Physiklehrer, die einer praktischen Betätigung und Mitarbeit der Schüler noch skeptisch oder ablehnend gegenüberstehen, sollten das Handbuch für physikalische Schülerübungen nicht unbeachtet lassen. Aus seinem Studium werden sie vielleicht erkennen, daß es kein Utopien ist, was den Anhängern der neuen Richtung des Experimentalunterrichts als Ziel vorschwebt; aber außerdem enthält das Buch in seinem reichen Inhalt recht vieles, was auch dem Demonstrations- und Vortrags-Unterricht von Nutzen sein kann.

Kurz, es ist eine überaus wertvolle Gabe, die Hermann Hahn in diesem Buche dem deutschen Physiklehrer bietet. *K. Noack.*

Einführung in die Maxwellsche Theorie der Elektrizität und des Magnetismus. Von Dr. Cl. Schaefer, Privatdozent a. d. Univ. Breslau. Mit Bildnis J. C. Maxwells und 32 Textfiguren. (VIII u. 174 S.) 1908. M. 3,40

Entsprechend dem Zweck des Buches, das eine leichte Einführung in die Maxwellsche Theorie sein soll, hat Verf. einige umständlichere mathematische Stücke, aus denen für die Anschaulichkeit wenig Gewinn zu ziehen ist, unterdrückt, z. B. die Eindeutigkeitsbeweise. Dadurch ist Raum gewonnen für eine behagliche Ausführlichkeit, besonders in den Anfangskapiteln, die das Buch angenehm lesbar macht. Dabei hat man nicht zu befürchten, unvermerkt über wichtige Dinge hinweggeführt zu werden und sie zu übersehen, denn der Verf. hat große Sorgfalt darauf verwendet, in gefälliger und doch gründlicher Weise den physikalischen Sinn jeder mathematischen Umformung und die Tragweite jedes theoretischen Schlusses zu

erörtern. Die Stoffverteilung (1. Elektrostatik, 2. Magnetostatik, 3. Elektromagnetismus, 4. Induktion, 5. Elektrische Wellen) wird geschickt benutzt, um die sachlichen Schwierigkeiten gleichmäßig über das Buch zu verteilen. Einige Versehen und Druckfehler, z. B. S. 5 Z. 4, S. 14 Z. 28, S. 20 unten, wird der Leser leicht erkennen. Die Ausdrucksweise auf Seite 11: „Unter räumlicher Dichte versteht man die Elektrizitätsmenge, die im Kubikzentimeter enthalten ist“ wird den Dimensionen nicht gerecht. Diese Kleinigkeiten kommen nicht in Betracht gegen die Vorzüge des Buches, das jeder mit Vergnügen und Nutzen lesen wird. *W. Vn.*

Natur-Paradoxe. Ein Buch für die Jugend zur Erklärung von Erscheinungen, die mit der täglichen Erfahrung im Widerspruch zu stehen scheinen. Nach Dr. W. Hampsons „Paradoxes of Nature and Science“ bearbeitet von Dr. C. Schäffer. Mit 4 Tafeln und 65 Textbildern. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1908. VIII u. 180 S.

Der Titel ist nicht ganz geschickt gewählt; denn es gibt wohl Paradoxe der Naturwissenschaft nicht aber der Natur. Der Verfasser erörtert sogenannte Paradoxe aus der Mechanik, Wärme, Chemie, Biologie und im Anhang auch einen scheinbaren Widersinn aus der Mathematik, also Paradoxe aus dem Stoffgebiet, das auf der Unterstufe der englischen Schule behandelt wird. Das Buch enthält eine Reihe hübscher Versuche, die meistens mit ganz einfachen Mitteln ausführbar sind, und dieser Vorzug hat wohl die deutsche Bearbeitung angeregt. Hampson ist der Erfinder einer trefflichen Vorrichtung zur Verflüssigung der Luft, er erfüllt aber doch nicht ganz alle Anforderungen, die man an einen Jugendschriftsteller stellen muß. Schon der behandelte Stoff ist nicht unbedenklich. Darf man einem Jungen, der die einfachen regelrechten Naturerscheinungen noch nicht recht kennt, eingehender mit den scheinbaren regelwidrigen Ausnahmen beschäftigen? Es ist doch zu befürchten, daß dabei seine Vorstellungen nicht geklärt, sondern verwirrt werden. Namentlich auf solche Knaben, die eine noch ungezügelte Einbildungskraft und zugleich eine geringe oder noch unentwickelte Verstandesschärfe haben, kann ein derartiger Lesestoff oft schädlich wirken. Die gegebnen Erklärungen sind von ungleichem Wert, zuweilen nicht einfach, zuweilen aber nicht tief genug. Die Bearbeitung hätte noch gewinnen können, wenn berücksichtigt worden wäre, daß die deutschen Schüler eine bessere mathematische Schulung als die englischen haben. Das Lesen des Buches kostet mancherlei Mühe und Anstrengung. Nicht selten hat man die Empfindung, daß mit untauglichen Mitteln gearbeitet wird. Es herrscht gegenwärtig bei unsrer Jugend ein wahrer Hunger nach naturwissenschaftlichen und technischen Lesebüchern, und man gerät oft in peinliche Verlegenheit, wenn die Jungen bitten, ihnen über dies und das ein wirklich gutes Buch zu empfehlen. Es wäre dringend zu wünschen, daß pädagogisch hochbegabte Lehrer, die die Naturwissenschaft und die deutsche Sprache meisterhaft beherrschen, diesen Notstand beseitigten. *H. Hahn.*

Stereochemie, die Lehre von der räumlichen Anordnung der Atome im Molekül. Von Dr. L. Mamlock, Berlin. Mit 58 Figuren im Text. Leipzig, Druck und Verlag von B. G. Teubner, 1907. VI u. 152 S. Preis geb. M 5,—.

Daß die Darstellung der Atomverknüpfungen in der Zeichenebene nicht auf die Dauer genügen würde, hatte schon Wollaston 1808 vorausgesehen, aber erst nachdem die organische Chemie eine ganze Reihe von Entwicklungsstufen durchgemacht hatte, war diese Erweiterung unserer Vorstellung nötig. 1874 stellten Le Bel und vor allem van't Hoff ihre stereochemische Theorie auf, die 1848 von Pasteur schon angedeutet, aber nicht durchgearbeitet war. In der Folgezeit ist dann eine Fülle von Material über die Isomerieverhältnisse bei den Kohlenstoffverbindungen zusammengetragen, namentlich die optische Isomerie ist von Physikern und Chemikern gleich liebevoll studiert worden. Emil Fischer hat feine Fäden zur Biologie hinübergesponnen. Einzelheiten bedürfen noch sehr der Klärung. Die Serienuntersuchungen von Walden haben gezeigt, wie viel Zusammenhänge, d. h. Erklärungen, noch zu finden sind. Aber die Theorien von van't Hoff und Le Bel, die anfangs mit schneidendem Hohn abgelehnt worden waren (siehe van't Hoffs Schrift: Dix années dans l'histoire d'une theorie 1887), haben sich als festes Fundament bewährt, das auch einen sehr erweiterten Bau tragen kann. Neben der optischen Isomerie behandelt das Buch von Mamlock etwas kürzer die geometrische Isomerie, die Stereochemie ringförmiger Kohlenstoffverbindungen und die Stereochemie des Stickstoffs. Die der anderen Elemente ist noch so wenig durchgearbeitet,

daß sie auf wenigen Seiten abgehandelt wird. Zum Schluß wird Werners Theorie besprochen, die mit Erfolg die in der organischen Chemie üblichen Anschauungsweisen auf die anorganische Chemie überträgt und in dem dunklen Gebiet der Komplexsalze (Kobalt, Chrom, Platin etc.) Licht geschaffen hat.

Die Darstellungsweise des Verfassers ist klar. Präparative und konstitutionelle Einzelheiten werden fortgelassen und die allgemeinen Gesetze knapp und gut herausgearbeitet, so daß das Buch auch für Nichtchemiker eine genußreiche Lektüre ist.

W. Roth-Greifswald.

Einleitung in das Studium der physikalischen Chemie. Von Sir William Ramsay. Deutsch von M. Iklé. Leipzig, J. A. Barth, 1908. 83 S. M 1,60.

Die Schrift ist im wesentlichen historischer Natur. Sie will nicht, wie sonst wohl jede „Einführung" in das Gebiet der physikalischen Chemie, die neueren physikalisch-chemischen Gesetze eingehender darlegen und diese durch Anführung einzelner Versuche usw. näher begründen — die Schrift enthält z. B. kaum eine Konstante, hat auch keinerlei Gliederung —, sondern sie greift aus der Geschichte der Chemie dasjenige heraus, was als Bestandteil der jetzigen physikalischen Chemie gelten kann, d. h. sie schildert den Werdegang dieses Wissenschaftszweiges gleichsam in einem einzigen fortlaufenden, außerordentlich fesselnden Vortrage. Welchen Wert eine derartige knappe Darstellung hat, wenn sie von so kundiger Seite aus geschieht, liegt auf der Hand. Als Vorbedingung für die ersten Fortschritte in dem genannten Gebiet wird die Beseitigung dreier irrtümlicher Anschauungen, der von der immateriellen Natur der Gase, der von der Verbrennung und der von der materiellen Natur der Wärme angesehen. Dann wird der Wert der Atomhypothese Daltons, der Avogadroschen Anschauung, der kinetischen Gastheorie, der beiden Hauptsätze der Thermodynamik — welche als „die Grundpfeiler" der Physik und Chemie hingestellt werden —, der Dissoziationserscheinungen u. a. gekennzeichnet, und wird weiter bis zu den Gesetzen und Anschauungen der modernen physikalischen Chemie vorgedrungen. Verfasser registriert jedoch nicht nur die Resultate der Forschung, sondern deckt auch mehrfach die Lücken auf, die in einzelnen Gebieten, z. B. in der Theorie der spezifischen Wärme fester und flüssiger Körper, in der Spektroskopie nach der ultraroten Seite hin, noch vorhanden sind. Bemerkenswert ist, welch großer Wert der Molekularanschauung beigelegt wird; sie beherrscht schließlich die ganze Darstellung. — Die Übersetzung ist vorzüglich zu nennen; nicht einverstanden sind wir jedoch mit der Schreibweise Kalzium — in wissenschaftlichen Büchern sollte allein die vom Deutschen Ingenieur-Verein veröffentlichte, gewissermaßen wissenschaftlich-offizielle Schreibweise maßgebend sein (vgl. dieses Heft S. 201). S. 58 ist einmal das Wort Soda unrichtig angewendet. — Die wertvolle Schrift sei allgemeiner Beachtung empfohlen. *O.*

Lötrohrpraktikum. Anleitung zur Untersuchung der Minerale mit dem Lötrohr. Von E. Haase in Halle a. S. Leipzig 1908, E. Nägele. 89 S. M 1,20.

Das für den Anfänger, und zwar zum Selbstunterricht bestimmte Büchlein ist seinem Zwecke mit großem Geschick angepaßt. Es sind die Einzelheiten in der Handhabung des Lötrohres sowie der Untersuchung einfacher Mineralien, sogar einiger Gesteine, anschaulich auseinandergesetzt. Das Büchlein erscheint daher wohl geeignet, dem Schüler die Beschäftigung mit dem Lötrohr und den Mineralien zu einer gern geübten Tätigkeit werden zu lassen. Wir hätten nur gewünscht, es wäre für das Erhitzen vor dem Lötrohre, zumal auf Kohle, auf die Zweckmäßigkeit des Tragens einer einfachen Brille hingewiesen — die Mineralproben zerknistern manchmal recht heftig, und manche Kohlen sprühen plötzlich unberechenbar. Im übrigen sei das Büchlein angelegentlich empfohlen. *O.*

Lehrbuch der Geologie und Mineralogie für höhere Schulen. Große Ausgabe für Realgymnasien und Oberrealschulen. Von Dr. P. Wagner, Oberl. in Dresden. Mit 284 Abb. u. 3 Farbentafeln. Leipzig u. Berlin, B. G. Teubner, 1907. 208 S.

Da die Vorzüge des kleineren Lehrbuches desselben Verfassers bereits in dieser Ztschr. (*21*, S. 213) eingehender gewürdigt worden sind, so müssen wir uns damit begnügen, auf das Erscheinen der wenig (ca. 20 S.) umfangreicheren zweiten Ausgabe hinzuweisen. Das Hauptkennzeichen der Arbeit in methodischer Hinsicht ist die „gegenseitige Durchdringung" der beiden Disziplinen Mineralogie und Geologie, „deren scharfe Trennung", nach den Worten des Verfassers, „nur auf der Hochschule eine Berechtigung findet". Das Buch sei von neuem der Beachtung empfohlen. *O.*

Dreifarbenphotographie nach der Natur nach den im photochemischen Laboratorium der Technischen Hochschule zu Berlin angewandten Methoden. Von Dr. A. Miethe. 2. Aufl. (Enzyklopädie der Photographie, Heft 50.) Halle, W. Knapp, 1908. VIII u. 82 S, 9 Abb. im Text u. 1 Dreifarbendruck. Geh. M 2,50.

Die Autochromphotographie und die verwandten Dreifarbenrasterverfahren. Von Dr. E. König. Berlin, G. Schmidt (R. Oppenheim), 1908. 60 S. Steif geh. M 1,50; geb. M 1,70.

Die Grundlagen der Farbenphotographie. Von Dr. B. Donath. (Die Wissenschaft, Heft 14.) Braunschweig, Vieweg & Sohn, 1906. VIII u. 166 S., 55 Abb. im Text u. 1 farb. Ausschlagtafel. Geh. M 6,50; geb. M 7,00.

Die beiden ersten sind Spezialschriften, von denen die von Miethe am ausschließlichsten die Arbeiten eines Autors berücksichtigt, aber unter Darstellung der von diesem und seinen Schülern erhaltenen Ergebnisse eine recht gute Anleitung zur Herstellung von Dreifarbenbildern gibt.

Auch die Schrift von König beschäftigt sich vornehmlich, aber nicht ausschließlich, mit einem, dem Lumièreschen, Verfahren und ist jedem, der dasselbe durch eigene Versuche zu erproben wünscht, angelegentlichst zu empfehlen.

Im Gegensatze zu den Vorgenannten ist die Schrift von Donath, deren Verfasser ja selbst eingehende, sehr wichtige Untersuchungen auf diesem Gebiete angestellt hat, allgemeiner Art und mehr wissenschaftlichen Charakters. Sie behandelt in zwei Hauptteilen die direkten und die indirekten Methoden der Farbenwiedergabe in klarer und ausführlicher Weise und ist als der wohl zurzeit beste und verläßlichste Wegweiser in dieses an begrifflichen wie praktischen Schwierigkeiten nicht arme Gebiet wärmstens zu empfehlen. *B. v. Cz.*

Photographisches Lexikon. Von Dr. F. Stolze. (Enzyklopädie der Photographie, Heft 61.) Halle, W. Knapp, 1908. VI u. 201 S. Geh. M 4,50.

Ein an sich gutes, aber verhältnismäßig teures Spezialwörterbuch, dessen allseitige Brauchbarkeit leider dadurch erheblich beeinträchtigt wird, daß für viele Stichworte statt einer Erläuterung, z B. bei „Tonbäder“ statt Rezepten, nur literarische Hinweise auf andere Bücher gegeben sind. *B. v. Cz.*

Versammlungen und Vereine.

Mathematisch-naturwissenschaftlicher Ferienkursus an der Universität Erlangen.

13.—19. April 1909.

Es hatten sich 42 Herren eingefunden. Im Auftrag der Staatsregierung wohnte Herr Regierungsrat Dr. End aus München dem ganzen Ferienkursus bei. Folgende Vorträge und Übungen wurden abgehalten:

Herr G. R. Prof. Dr. Jordan: Über konjugierte Kegelschnitte. — Herr Prof. Dr. M. Nöther: Die Variationsprinzipien der Mechanik. — Herr Privatdozent Dr. Hilb: Elementarmathematik vom höheren Standpunkte aus. — Herr Prof. Dr. E. Wiedemann: Entwicklung und Ergebnisse der Astrophysik; Untersuchungen über die Natur des Stoffes auf den Himmelskörpern; über Schülerübungen. — Herr Prof. Dr. R. Reiger: Der moderne Massen- und Zeitbegriff. —

Physikalische Demonstrationen von Prof. Dr. E. Wiedemann, Prof. Dr. R. Reiger, Dr. Lampe und Dr. Würschmidt. Handfertigkeitsübungen. —

Herr Prof. Dr. Lenk: Erdbebenforschung, Vulkanismus und Erdinneres. — Herr Prof. Dr. Solereder: Die Ursachen der Organbildung im Pflanzenreich. — Herr Prof. Dr. Pechuel-Lösche: Ergebnisse der Polarforschung. — Herr Prof. Dr. Gutbier: Chemie der hohen Temperaturen. — Herr Privatdozent Dr. Zander: Tiefseeorganismen. — Herr Prof. Dr. Jamin: Gesundheitspflege des Jünglingsalters. —

Im mathematischen Verein hielt am Freitag, den 16. April, Fräulein Dr. Nöther einen Vortag über Minkowski: Geometrie der Zahlen und das Zahlengitter in der Ebene.

Am Sonntag, den 18. April, fand eine geologisch-botanische Exkursion auf das Walberla bei Forchheim unter Führung der Herren Prof. Lenk und Solereder statt und am Montag, den 19. April, wurden die Siemens-Schuckert-Werke in Nürnberg unter Führung der Herren Prof. Wiedemann und Reiger besichtigt.

Adami.



Mitteilungen aus Werkstätten.

Fadengalvanometer für Messungen mit hoher Empfindlichkeit.

Von Gans u. Goldschmidt, Elektr. Ges. m. b. H. in Berlin N 4.

Im ersten und vierten Heft des vorigen Jahrganges brachten wir an dieser Stelle die Beschreibung von elektrischen Präzisions-Meßinstrumenten für Schülerübungszwecke, die inzwischen bei vielen Schulen eingeführt wurden. Die Apparate waren achsengelagerte Vertikal-Zeigerinstrumente; die heute vorliegenden, ebenfalls für Schülerübungen bestimmten, sind Apparate mit Fadenaufhängung und eignen sich für Messungen feiner Ströme, und zwar bis 10^{-6} Ampere für 1^{0} Ausschlag.

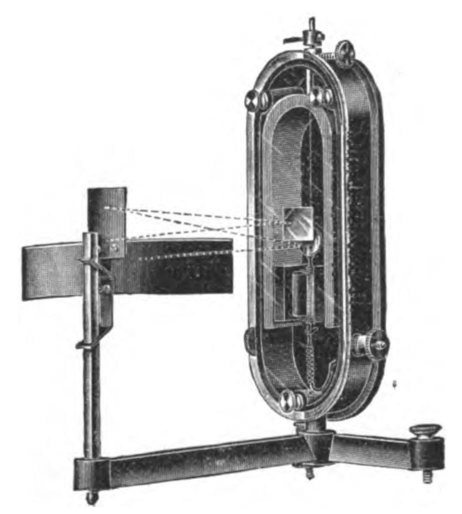


Fig. 1.

Figur 1 zeigt ein Drehspulspiegelgalvanometer, welches an Stelle der bisher üblichen Fernrohrablesung eine einfache für den Unterricht sehr instruktive Anordnung trägt, die den Gebrauch des Fernrohres zwar anschaulich darstellt, jedoch den eigentlichen optischen Teil desselben entbehrlich macht. In der Verlängerung der Drehspulachse ist, wie üblich, ein kleiner Spiegel angebracht, welcher an der Bewegung der Drehspule teilnimmt. Durch ein diesem Spiegel gegenüber gestelltes Diaphragma beobachtet man das Spiegelbild der unterhalb des Diaphragmas angeordneten Skale, welche Feinteilung trägt. Ein Teil des drehbaren Spiegels ist durch stellenweise Versilberung der Glasdeckplatte verdeckt.

Unterhalb des Diaphragmas ist dem oberen feststehenden Spiegel gegenüber eine scharf gravierte Linie als Ersatz des Fadenkreuzes angeordnet, welche in dem oberen Spiegel als fester Index zu den beweglichen Teilstrichen im drehbaren unteren Spiegel erscheint. Die punktierten Linien in der Abbildung veranschaulichen den Strahlengang. Die Skale ist kreisbogenförmig dem Spiegel gegenüber mit Index und Einblickloch in der Höhe leicht verstellbar angeordnet. Das Galvanometer Figur 2 hat an Stelle der

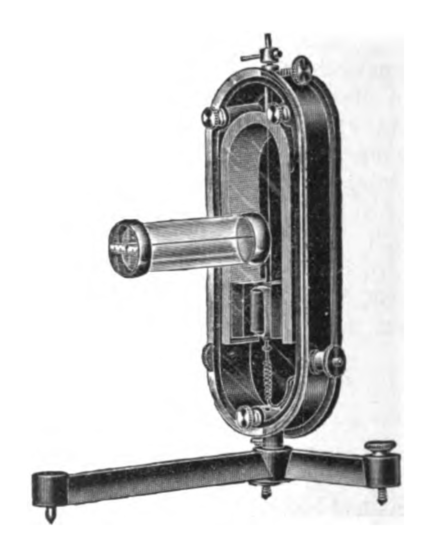


Fig. 2.

Spiegelablesung eine Zeigerablesung auf einer an der Stirnfläche des Glastubus angebrachten Skale. Dieses Galvanometer besitzt die gleiche Empfindlichkeit wie das obige.

Beide Apparate haben gleiches System, und zwar die Drehspule zwischen Polschuhen und mit rundem Weicheisenkern freischwingend. Durch Drehung des Aufhängefadens kann man dem System von außen eine beliebige Stellung geben; die Einstellvorrichtung wird beim Transport des Apparates gesenkt und dadurch der Aufhängefaden entlastet, so daß er vor dem Zerreißen geschützt ist. Der Aufhängefaden dient als Stromzuführung und liefert die Richtkraft für die Drehspule, die Stromableitung erfolgt durch die untere Spirale, der Anschluß durch die beiden seitlichen Klemmen.

Die hohe Empfindlichkeit macht den Apparat geeignet, um bei Nullmethoden, bei-

spielsweise an der Wheatstoneschen Meßbrücke, mit großer Genauigkeit Ablesungen machen zu können, auch zur Messung von Thermoströmen etc. ist er reichlich empfindlich. Anstatt der Skalenablesung kann auch eine objektive Ablesvorrichtung angebracht werden, um die Galvanometer für Projektion mittels Lichtzeigers geeignet zu machen. Die Apparate werden trotz sehr präziser Ausführung als Massenartikel hergestellt, damit ein billiger Anschaffungspreis jeder Lehranstalt die Anschaffung ermöglicht. Der Verkaufspreis jedes der beiden Apparate beträgt M 45,—. Da die Innenteile durch eine geschliffene Glasplatte verschlossen und dabei gut übersichtlich sind, so können die Apparate nicht nur als Meßinstrumente für technische Messungen, sondern auch als Demonstrationsapparate zur Erläuterung des Deprez-d'Arsonvalschen Galvanometerprinzips und der Ablesevorrichtungen dienen. Selbst das Einziehen eines neuen Aufhängefadens macht bei den leicht zugänglichen Teilen keine besondere Mühe, da nach Lösen der drei Kordelschrauben die Glasplatte abgenommen werden kann.

In demselben Aufbau werden auch elektrostatische Galvanometer zum gleichen Preis wie oben ausgeführt.

Selbsttätiger, automatischer, Heber,

erfunden von Emil Neugebauer in Wiesbaden. D. R. P. Nr. 205404.

Der selbsttätige Heber *e d b a c* (Figur 1) weist 4 glatte kommunizierende Röhren auf, 2 längere *b a* und *a c* und 2 kürzere *e d* und *d b*. Der gewöhnliche Heber hat nur die 2 Röhren *b a* und *a c*. Denkt man sich den selbsttätigen Heber bei *b* abgeschnitten, so zerfällt er in zwei gewöhnliche Heber. Von diesen 4 Röhren müssen die zwei kürzeren *e d* und *d b* in die abzufüllende Flüssigkeit so eingetaucht werden, daß der Scheitelpunkt *d* unter dem Niveau *f* der Flüssigkeit liegt; alsdann steigt die Flüssigkeit in dem Schenkel *e d* in die Höhe, stürzt in den Schenkel *d b* herunter, gewinnt durch den Fall lebendige Kraft und vermag sich vermöge derselben in dem Schenkel *b a* über das Niveau *f* der Flüssigkeit im Gefäße zu erheben. Sie übersteigt daher den Scheitelpunkt *a* und tritt in die Röhre *a c*. Sowie sie ein wenig unter dem Punkt *g* ist, erfolgt der Ausfluß nach dem Gesetz des gewöhnlichen Hebers. Es unterscheidet sich der selbsttätige Heber demnach von dem gewöhnlichen dadurch, daß bei ihm das Ansaugen wegfällt. Die lebendige Kraft, die die Flüssigkeit durch das Herunterfallen in der Röhre *d b* erlangt, ersetzt das Ansaugen, befähigt die Flüssigkeit, die Höhe *f a* zu übersteigen und in der Röhre *a c* bis unter den Punkt *g* zu kommen. Von da an unterscheidet sich der selbsttätige Heber

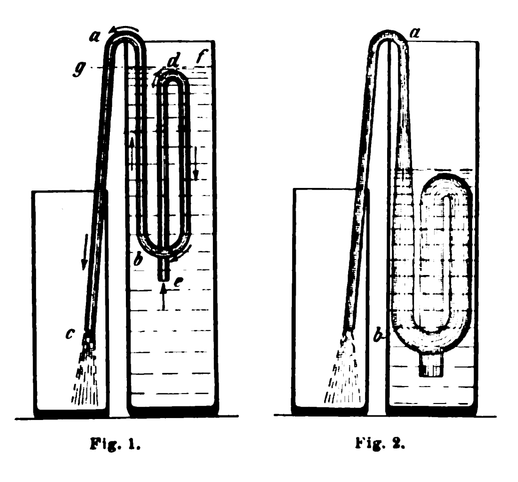


Fig. 1. Fig. 2.

nicht mehr von einem gewöhnlichen Heber, er funktioniert daher auch ebenso ruhig und sicher wie dieser.

Die Vorteile, die der selbsttätige Heber bietet, sind in die Augen fallend.

Die Höhe, bis zu welcher die Flüssigkeit in dem Schenkel *b a* gehoben wird, hängt ab von der lebendigen Kraft der Flüssigkeit, die letztere im Schenkel *d b* erlangt. Die lebendige Kraft aber wächst sowohl mit der Höhe des Schenkels *d b* als mit seinem Querschnitt. Wird daher der selbsttätige Heber so konstruiert, wie es die Figur 2 veranschaulicht, so steigt die Flüssigkeit in dem Schenkel *b a* zu viel bedeutenderer Höhe. Wendet man ein Modell wie Fig. 2 an, bei dem aber die Röhre *b a* oben abgeschnitten ist, so springt die Flüssigkeit beim Einsenken des Hebers zu beträchtlicher Höhe empor. Biegt man in Fig. 1 das Ende *e* nach oben um, so bleibt der Heber auch beim Herausheben gefüllt.

Eine Kollektion von 6 Hebern der beschriebenen Art nebst Zubehör in elegantem Experimentierkasten wird von E. Neugebauer, Wiesbaden, Schillerplatz 2, für M 25 geliefert.

Himmelserscheinungen im Juni und Juli 1909.

☿ Merkur, ♀ Venus, ⊙ Sonne, ♂ Mars, ♃ Jupiter, ♄ Saturn, ☾ Mond, 0^h = Mitternacht.

		Juni						Juli					
		2	7	12	17	22	27	2	7	12	17	22	27
☿	AR	$5^h 50^m$	5.46	5.37	5.25	5.16	5.14	5.19	5.33	5.56	6.27	7. 5	7.47
	D	$+23^0$	$+22^0$	$+20^0$	$+19^0$	$+19^0$	$+19^0$	$+19^0$	$+20^0$	$+21^0$	$+22^0$	$+23^0$	$+22^0$
♀	AR	$5^h 19^m$	5.46	6.12	6.39	7. 6	7.33	7.59	8.24	8.50	9.14	9.39	10. 2
	D	$+24^0$	+ 24	+ 24	+ 24	+ 24	+ 23	+ 22	+ 21	+ 19	+ 18	+ 16	+ 14
⊙	AR	$4^h 39^m$	4.59	5.20	5.41	6. 2	6.22	6.43	7. 4	7.24	7.45	8. 5	8.24
	D	$+22^0$	+ 23	+ 23	+ 23	+ 23	+ 23	+ 23	+ 23	+ 22	+ 21	+ 20	+ 19
♂	AR	$22^h 30^m$	22.42	22.53	23. 4	23.15	23.25	23.35	23.44	23.53	0. 1	0. 9	0.15
	D	-12^0	− 11	− 10	− 9	− 8	− 8	− 7	− 6	− 5	− 5	− 4	− 3
♃	AR		10.35		10.39		10.44		10.50		10.56		11. 3
	D		+ 10		+ 10		+ 9		+ 9		+ 8		+ 7
♄	AR	$1^h 17^m$						1.26					
	D	$+6^0$						+ 6					
⊙	Aufg.	$3^h 45^m$	3.42	3.39	3.39	3.39	3.41	3.44	3.48	3.53	3.59	4. 6	4.13
	Unterg.	$20^h 11^m$	20.16	20.20	20.23	20.24	20.24	20.23	20.21	20.17	20.12	20. 6	19.59
☾	Aufg.	$18^h 33^m$	23.48	1.21	3. 7	8. 1	13.49	19.55	23.10	0.19	3.25	9.17	15. 8
	Unterg.	$3^h 1^m$	6.23	13.16	20. 9	23.39	0.37	2.22	8.13	15.14	20.45	22.30	23.48
Sternzeit im mittl. Mittg.		$4^h 41^m 6^s$	5. 0.49	5.20.32	5.40.15	5.59.58	6.19.40	6.39.23	6.59. 6	7.18.49	7.38.32	7.58.14	8.17.57
Zeitgl.		$-2^m 20^s$	− 1.30	− 0.32	+ 0.31	+ 1.36	+ 2.40	+ 3.40	+ 4.33	+ 5.17	+ 5.51	+ 6.12	+ 6.18

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Sommeranfang am 22. Juni, $3^h 6^m$ M.E.Z.

	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
Mondphasen in M.E.Z.	Juni 18, $0^h 28^m$ Juli 17, $11^h 45^m$	Juni 25, $19^h 43^m$ Juli 25, $12^h 45^m$	Juni 4, $2^h 25^m$ Juli 3, $13^h 17^m$	Juni 11, $3^h 43^m$ Juli 10, $7^h 58^m$

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im Juni	unsichtbar	1/4 bis 1/2 Stunde lang als Abendstern sichtbar	morgens 1 bis 2 1/4 Stunden lang sichtbar	abends zuletzt nur noch eine Stunde lang sichtbar	morgens zuletzt bereits 1 1/2 Std. lang sichtbar
im Juli	unsichtbar	1/2 Stunde lang abends sichtbar, am 27. nahe bei Regulus	die Sichtbarkeitsdauer wächst bis auf 5 Stunden	wird Ende des Monats unsichtbar	von Mitternacht ab sichtbar

Phänomene der Jupitertrabanten (M.E.Z.):

Juni	1	22^h	32^m	2^s	I A	Juni	10	23^h	39^m	31^s	III E	Juni	30	22^h	50^m	13^s	IV A
	3	22	47	11	III A		24	22	46	26	I A	Juli	9	22	20	46	II A
	7	22	45	50	II A												

Eine in Deutschland **sichtbare totale Mondfinsternis** ereignet sich am 4. Juni.
Eintritt des Mondes in den Halbschatten am 3. um $23^h 37^m$ M.E.Z.
- - - - - - Kernschatten - 4. - 0 44
Beginn der Totalität $1^h 58^m$, Ende $3^h 0^m$, Austritt des Mondes aus dem Kernschatten $4^h 15^m$ aus dem Halbschatten $5^h 22^m$.

Eine in Deutschland **unsichtbare totale Sonnenfinsternis** ereignet sich in der Nacht vom 17. zum 18. Juni. Die Totalitätszone erstreckt sich vom südlichen Teil Grönlands nach dem mittleren Sibirien. Als partielle Finsternis ist das Phänomen bis Japan und Nordamerika sichtbar.

Veränderliche Sterne (M.E.Z.):

Juni 13	R Lyrae-Min.	Juli	12	23^h	δ Cephei-Max.	Juli	16	22^h	δ Cephei-Min.
Juli 6	R Lyrae-Max.		14	$23^h 12^m$	Algol-Min.		29		R Lyrae-Min.

F. Koerber.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XXII. Jahrgang. **Viertes Heft.** Juli 1909.

Die neuen österreichischen Lehrpläne für Physik.

Von
Professor **Alois Höfler** in Wien.

Im April 1909 ist durch das Erscheinen neuer Lehrpläne für die Gymnasien und Realschulen die österreichische Mittelschulreform zu einem vorläufigen Abschluß gekommen. Eingeleitet war sie durch die große Mittelschulenquete, die vom 21. bis 25. Jänner 1908 im Unterrichtsministerium unter Vorsitz des Ministers Marchet getagt hatte (und deren stenographisches Protokoll [760 Seiten] seit Sommer 1908 vorliegt). Als ihr erstes Erträgnis erschienen dann je ein Erlaß über die Reifeprüfungen, über das Prüfen und Klassifizieren überhaupt und über die Errichtung von achtklassigen Realgymnasien und Reformrealgymnasien (Verordnung vom 8. August 1908).

Die nachfolgende Erörterung der Lehrpläne für Physik[1]) beabsichtigt nicht, ihren Wortlaut wiederzugeben und alle Fortschritte über die früheren Pläne im einzelnen namhaft zu machen. Sondern ich versuche an dieser Stelle wesentlich nur auszusprechen, was mir, nachdem in die Zeit meiner Mittelschullehrtätigkeit die Lehrpläne und Instruktionen für Realschulen 1879, für Gymnasien 1884 und 1892, für Realschulen 1899, für Gymnasien 1900 gefallen waren und mich jedesmal zu lebhaften Wünschen einer gesunderen Gestaltung des physikalischen Unterrichts angeregt hatten, nun durch die neuen Lehrpläne für Physik der drei genannten Schularten an Wünschen in Erfüllung gegangen, und was von einer ferneren Zukunft noch zu wünschen und zu hoffen verblieben ist.

Vor allem begrüße ich es, daß eine Reihe von äußeren Anordnungen diejenige Abfolge der einzelnen Abschnitte und ihr Ineinandergreifen ermöglicht, die ich früher aus gegenständlichen wie didaktischen Gründen oft schwer vermißt und beklagt hatte. Hierher gehört das Wegfallen des den zusammenhängenden Physikunterricht der Unterstufe unterbrechenden Mineralogiesemesters der III. Klasse (im 13. Lebensjahre) und mit ihm die Verlegung eines ganz verfrüht (nämlich schon in der zweiten Hälfte des ersten Semesters dieser III. Gymnasialklasse) angesetzten Stückchens Chemieunterricht, der vor Schülern hatte erteilt werden müssen, die im physikalischen Anschauen und Denken durch das vorausgegangene Stückchen Wärmelehre nur ganz unzureichend vorgebildet waren und darum die mühselig beigebrachte Chemie schon während des nächsten Mineralogiesemesters glattweg vergessen hatten.

Als zweites Beispiel sei aus dem ersten Semester der Oberstufe (VII. Gymnasialklasse) der Satz angeführt: „Den Lehren von den Planetenbewegungen und der allgemeinen Massenanziehung ist das Einschlägige aus der Astronomie wiederholend

[1]) Die genannten Verordnungen sind erschienen im Verordnungsblatt des Unterrichtsministeriums (Sonderabdrücke zu beziehen durch den k. k. Schulbücherverlag in Wien und von ihm durch alle Buchhandlungen). Der Umfang der einzelnen Lehrpläne und speziell der für Physik beträgt

für Gymnasien 35 Seiten (Physik S. 28—34),
„ Realgymnasien 35 „ („ „ 28—32),
„ Realschulen 44 „ („ „ 32—36).

und ergänzend vorauszuschicken; im Anschluß an Kreiselversuche: Präzession, tropisches Jahr u. dgl." — Seit mehr als zwei Jahrzehnten hatte ich wiederholt auf das Ungeheuerliche der Einrichtung hingewiesen, daß man in der siebenten Klasse gelegentlich der Zentralbewegung und des Gravitationsgesetzes von den Planetenbewegungen zu reden hatte, daß aber für eine astronomische Anschauung von Planeten zum Unterschied von Fixsternen nicht vorgesorgt war, sondern daß, wenn überhaupt, erst in den allerletzten Wochen der obersten Klasse überhaupt die ganze Astronomie und in dieser der Begriff des Planeten zum erstenmal zur Sprache kam.

Ähnlich leiten nun zu einer sachgemäßen Pflege der Himmelskunde auch schon die kurzen Worte für die Unterstufe an:

III. Klasse. „Himmelserscheinungen (über das ganze Schuljahr verteilt): Erste Orientierung am Fixsternhimmel, Phasen und Umlauf des Mondes, Bewegung der Sonne in bezug auf den Fixsternhimmel."

IV. Klasse. „Zusammenfassende Wiederholung der Himmelserscheinungen und ihre Erklärungen aus dem Kopernikanischen System."

Jene Worte „über das ganze Schuljahr verteilt" sind geeignet, eine wohltätige und gründliche Neuerung im Verkehr des Schülers mit dieser Gruppe von Erscheinungen einzuleiten. Denn wenn der Unterricht der Himmelskunde Wirklichkeitsunterricht werden will, darf er nicht binnen wenigen Wochen in einem Anlauf abgetan werden; sondern das Jahr ist nun einmal die Periode, innerhalb deren sich der Zyklus der hervorragendsten aller dieser Erscheinungen, der „Bewegung der Sonne in bezug auf den Fixsternhimmel", abspielt. Daß dann das Kopernikanische System erst für den nächsten Jahrgang, den letzten der Unterstufe, angesetzt ist, wird der alten, aber doch so selten befolgten Forderung gerecht, die Kinder und Knaben erst mit den sinnfälligen Tatsachen vertraut werden zu lassen und ihnen erst zum Schluß die Erklärung aus der Drehung und dem Umlauf der Erde zu geben. Ich werde anderweitig[1]) Gelegenheit haben, im einzelnen darzulegen, daß und inwiefern sich erst nach dem nun wirklich planmäßigen Aufbau der Lehrpläne für Geographie der ersten und zweiten, Physik der dritten und vierten, Mathematik der fünften und sechsten und wieder Physik der siebenten und achten Klasse ein gedeihlicher Unterricht dieses bisher fast immer und überall verkümmerten Zweiges des naturwissenschaftlichen Unterrichts wird erteilen lassen. Ich führe hier auch ganz vorläufig an, daß mir schriftlich und mündlich von Fachgenossen die Befürchtung geäußert wurde, es könnte der Astronomieunterricht der Oberstufe nunmehr verkürzt werden, da es von ihm in der achten Klasse nur heißt: „im Anschluß daran [an „das Wichtigste aus der Spektralanalyse"] einige Mitteilungen aus der physischen Astronomie." Ich denke aber, daß die Knappheit dieser Worte es dem Lehrer keineswegs versagt, diese Mitteilungen so ausführlich zu gestalten, als es der große und jedermann interessierende Gegenstand der „physischen Astronomie" — dem eben die ganze klassische Astronomie bis Newton schon im vorletzten Jahre vorausgegangen war — es nur immer erfordern kann. Und auch für die oberen und obersten Stufen bleibt der didaktische Rat in Geltung, daß der Hinweis auf jeweilig sich abspielende Erscheinungen am Himmel „über das ganze Schuljahr verteilt" werde.

Als ein drittes Beispiel einer einschneidenden Abänderung der äußeren Anordnung, welche wichtigen Zweigen des naturkundlichen Unterrichts erst die richtigen Lebensbedingungen schafft, sei die Einräumung eines ganzen dreistündigen Semesters Chemie (ausgehend von Mineralogie) auf der Unterstufe, eines halben vierstündigen Semesters Chemie auf der Oberstufe angeführt. Die alte und nur zu berechtigte Klage, daß die Chemie für unsere österreichischen Gymnasiasten bisher so gut wie

[1]) In der Sammlung Didaktischer Handbücher für den realistischen Unterricht, II. Band, „Himmelskunde und astronomische Geographie".



nicht existiert hatte, darf nun verstummen. Stellt sich die Verbindung der Chemie mit Mineralogie auf der Unterstufe im ganzen auf den ersten Blick als eine Nachahmung des an reichsdeutschen Schulen seit längerem Gebräuchlichen dar, so dürfte ein nicht unwichtiger Unterschied doch darin liegen, daß diesem mineralogischen und chemischen Vorunterricht sogleich das nächste Halbjahr hindurch (zu Beginn der Oberstufe, V. Klasse, Wintersemester mit drei Stunden) ein systematischer Mineralogieunterricht folgt. Und ebenso erlaubt dann die Chemie im vorletzten Jahr eine eigentlich wissenschaftliche (nämlich z. B. die Molekular- und Atomhypothesen nicht mehr bloß dogmatisch mitteilende und verwertende) Behandlung, indem ihr Mechanik und Wärmelehre, also das Nötige an thermodynamischen Vorstellungen, unmittelbar vorausgegangen sind.

Die angeführten Beispiele mögen genügen, um die Art des Fortschrittes, den die neuen Lehrpläne bedeuten, an Stichproben zu erweisen. Nicht ob und wieviel neue Materien, die dem naturwissenschaftlichen Spezialisten des einen oder anderen Faches als solchem am Herzen liegen, Eingang in den Mittelschulunterricht gefunden haben, darf den Maßstab für die didaktische Wertung neuer Lehrpläne abgeben; sondern inwieweit ein innigeres Ineinanderfügen der einzelnen Stoffe und die Anpassung an die jeweilige Reife des Schülers gelungen ist: Forderungen, die in der Lehrplantheorie längst zu Gemeinplätzen geworden sind, und die doch, wie die Erfahrungen der jüngsten Jahrzehnte beweisen, nur sehr allmählich in den Lehrplänen der verschiedenen realistischen Einzelfächer zur Verwirklichung durchzudringen anfangen. —

Es darf nicht verschwiegen werden, daß auch die neuen österreichischen Lehrpläne wieder nicht frei sind von einzelnen Verstößen gegen diese so sehr natürlichen Forderungen. So hat der Lehrplan für Realgymnasien (der von den drei Plänen am frühesten erschienene) das meines Erachtens unglückliche Wagnis unternommen, den ganzen Physikunterricht sogleich mit Mechanik zu beginnen. Eine Berufung darauf, daß z. B. auch in Preußen die Unterstufe mit Mechanik beginnt, würde den sehr einschneidenden Unterschied übersehen, daß in Österreich die Unterstufe des physikalischen Unterrichtes schon Dreizehnjährigen, in Preußen erst Vierzehnjährigen geboten wird. Das Verfehlte jenes Wagnisses scheint bald eingesehen worden zu sein, indem die Lehrpläne für Gymnasien und für Realschulen wieder mit Wärmelehre[1]) beginnen. Diese kann ja ihrerseits wohl am stetigsten an den alltäglichen Erfahrungs- und Interessenkreis des Schülers, insbesondere auch an das im Geographieunterricht der beiden vorausgegangenen Jahrgänge über die Bestrahlung verschiedener Erdteile Erlernte anknüpfen. Freilich läßt sich auch aus Mechanik ein kleiner Kreis von Erscheinungen, wie die Archimedischen Gesetze des Hebels und des Auftriebes u. dgl. m. auswählen, die sich denn auch dem eigentlich physikalischen Denken historisch weit früher aufgedrängt haben, als es z. B. eine Wärmelehre gibt. Aber bei Schülern, die soeben erst „Buchstabenrechnung" zu lernen beginnen, mögen schon die Gesetze des Falles und Wurfes nur mehr unter Schwierigkeiten, wie sie sich bei allen Verfrühungen von Unterrichtsstoffen gegenüber der jeweiligen Schülerreife verraten, durchzusetzen sein[2]).

[1]) Der unten (S. 217 Anm.) erwähnte neueste bayrische Lehrplan beginnt ebenfalls mit Wärmelehre, obwohl dort die Unterstufe in IV., also ein Jahr später als in Österreich, angesetzt ist.

[2]) So berichtet mir ein junger Fachgenosse, der Mitglied meines pädagogischen Universitätsseminars ist und an einer Wiener Staatsanstalt als Supplent im ablaufenden Schuljahr nach den neuen Physiklehrplänen zu unterrichten hatte, daß diese an die Spitze gestellte Mechanik für die Schüler und somit auch für den Lehrer eine Qual gewesen sei. — Ich wage zu hoffen, daß, wenn man mit den Lehrplänen für Gymnasien und Realschulen bessere Erfahrungen gemacht haben wird, diese, d. h. ihr physikalischer Teil, recht bald in Form einer Nachtragsverordnung auch dem Realgymnasium zugute kommen werden.

Als ein anderes Beispiel einer Anordnung, die mir schon wissenschaftlich nichts für sich und daher auch didaktisch manches gegen sich zu haben scheint, sei die Abfolge der Hauptabschnitte in der achten Klasse der Realgymnasien genannt. Es ist die folgende: „Grundlehren der Astronomie (Kosmographie). — Magnetismus. Statische Elektrizität. Elektrische Ströme. — Optik.“ — Den Abschluß des ganzen Physikunterrichtes bildet also das — Saccharometer. Man weiß, wie sich das in Wirklichkeit auswächst: Ist man am Tag vor der Maturitätsprüfung nicht — „so weit gekommen“, so endet der Physikunterricht eben mit der „sphärischen Abweichung an Linsen“ oder gar schon an Spiegeln u. dgl. m. Sollte es aber außer dem mehr oder minder vollständigen „Absolvieren der Lehrstoffe“ nicht noch andere Gesichtspunkte geben, die den physikalischen Unterricht als Ganzes, in seinen Kapiteln bis herunter zu seinen Einzellehren auch in den Dienst des Ganzen einer Unterrichtsorganisation stellen? Bei verschiedenen Gelegenheiten hatte ich darauf hinzuweisen, daß wir in unseren österreichischen Gymnasien, wo die oberste Klasse im glücklichen Besitze von zwei Wochenstunden Psychologie ist, von der dann die Sinnespsychologie in das erste Semester fällt, die physikalische Akustik und Optik doch nicht völlig unbekümmert um die psychologische viele Monate später als diese angesetzt sein sollte; und ich wiederhole hier nicht des näheren, wie ungezwungen dagegen bei einem Stellentausch von Optik und Elektrizitätslehre sich diese Forderung verwirklichen läßt, bzw. wie ich sie viele Jahre hindurch durch Ineinanderfügen der physikalischen und psychologischen Kapitel verwirklicht habe. —

Um so nachdrücklicher ist diesmal auf eine seltsame Eigentümlichkeit hinzuweisen, die die österreichischen Lehrpläne für Physik und gerade nur für Physik im Gegensatze zu allen übrigen Unterrichtsfächern seit nunmehr gerade drei Jahrzehnten darbieten. Sogar schon dem Blick des Nichtfachmannes fällt es auf, daß der physikalische Lehrstoff vorgeschrieben wird in Form der Aufzählung von einigen hundert Einzeltiteln, die sich ausnehmen, als wären die Paragraphentitel irgendeines Lehrbuches nacheinander hingeschrieben. Muß das so sein? Und warum muß es gerade nur in Physik so sein? Man könnte ja auch in Mathematik, statt z. B. für eine bestimmte Klasse vorzuschreiben: „Goniometrie und Trigonometrie“ (nebst einigen Richtung gebenden Winken), eigens aufzählen: „Sinussatz, Tangentensatz, Kosinussatz“ oder gar auch die einzelnen goniometrischen Formeln u. dgl. m. Es versteht sich aber doch von selbst, daß jeder Trigonometrielehrer weiß, aus welchen Einzelsätzen sich dieses Kapitel zusammensetzt. Und ebenso versteht es sich für einen Physiklehrer von selbst, was er z. B. innerhalb der „Elektrik und Magnetik“[1]),

---

[1]) Ich benutze diese Gelegenheit, um eine auf der Mittelschulenquete 1908 (vgl. Protokoll S. 386 und 392) zwischen mir und Hofrat Strouhal (Prag) zur Sprache gekommene Meinungsverschiedenheit oder vielleicht nur ein Mißverständnis hier zu klären.

Ein hochgestellter Redner (vgl. a. a. O. S. 116) hatte vorgeschlagen, den Unterricht der Mathematik schon mit der sechsten Gymnasialklasse zu beendigen und in den obersten beiden Klassen nur mehr Physik zu nehmen. Dafür wollte er der Physik in der obersten Klasse eine vierte Stunde zugelegt (allerdings aber auf der ganzen Unterstufe jeden Unterricht der Naturgeschichte, Physik und Chemie beseitigt!) sehen. Um das Unmögliche einer solchen Forderung in aller Kürze für eine Versammlung von soviel Nichtphysikern drastisch darzutun, erwiderte ich: „Denken Sie sich eine Physik in der siebenten und achten Klasse nur auf Grund der Mathematik bis zur sechsten Klasse! . . . Heute redet jeder von Volt und Ampère wegen der elektrischen Beleuchtung so, wie man vor 20 Jahren von einem Liter Petroleum geredet hat. Hin und wieder wird man da doch gefragt: Ja, sagen Sie mir, was ist denn eigentlich ein Volt? Darauf antwortet man: Ein Volt ist eine gewisse Einheit des Potentials. Nun wird das Gesicht des Fragers schon etwas länger. Was ist denn ein Potential? Nun, das ist die Summe der Arbeiten, die Sie bekommen, wenn Sie die unendliche Reihe ansetzen . . . . Ach bitte, davon wollen wir doch lieber nicht weiter reden, heißt es dann (Heiterkeit. Ruf: Arbeit! Das kann man an die Arbeit anschließen!). Ja, mit Arbeit, aber ohne Rechnung

wenn diese für den obersten Jahrgang der Mittelschule vorgeschrieben sind, füglich zu nehmen hat und was nicht.

Ob dann der eine Lehrer z. B. von der Bestimmung der Horizontalkomponente des Erdmagnetismus etwas mehr, der andere etwas weniger nimmt, läßt sich ja doch

---

nicht. Ich bekomme aus der Kraft $1/r^2$ die Summe der Arbeiten, das ist eben der Wert $1/r$ des Potentials, ohne Mathematik schlechterdings nicht." — Herr Hofrat Strouhal nannte das „verkehrt. Das braucht man nicht so zu erklären. Der Begriff des Potentiales schließt sich an den Begriff der Arbeit an. Die elektrische Arbeit ist etwas, was jedermann begreifen wird. Da ist bei Volt und Potential von diesem Sigma $1/r^2$ überhaupt keine Rede. Das brauche ich nicht zu sagen."

Ich fragte (und frage nun nochmals) Herrn Strouhal, ob er auf Maßformeln für Arbeiten und Potentiale, also z. B. auf das e/r für Ladungspunkt und Kugel und weiterhin auf die Beziehungen für die Kapazität einer Kugel $C = r$ u. dgl. m. überhaupt nicht einzugehen pflege, und ob er meine, daß die Physik der Oberstufe solche Formeln und ihre Ableitungen meiden solle. Meinerseits war es mir mit dem herausgegriffenen Beispiel nur darum zu tun gewesen, daran zu erinnern, daß man doch heute in allen Lehrbüchern (z. B. von österreichischen Mach, Wallentin, Höfler u. a.) einer Summierung, wie sie das Berechnen der Arbeit entgegen den Gravitations-, elektrischen und magnetischen Kräften fordert, nicht mehr aus dem Wege gehen zu müssen glaubt; daß man es aber müßte, wenn der Mathematikunterricht schon mit der VI. Klasse, also vor der ganzen Reihenlehre abbräche. — Zuzugeben ist ja, daß man von Volt und Ampere praktisch genügende und auch ziemlich anschauliche Vorstellungen haben kann, wenn man auch vom $\Sigma 1/r^2$ keinerlei, nicht einmal unanschauliche Vorstellungen hat. Jeder Lehrling eines Elektrotechnikers ist ja in dieser Lage. Auch die Hausfrau weiß sehr bald, was ein Kilowatt ist, wenn sie die Rechnungen der Elektrizitätsgesellschaft für den häuslichen Stromverbrauch auszubezahlen hat. Aber wenn man auch von „1 Ampère" schon eine sogar anschaulichere Vorstellung dank der elektrochemischen Messung hat als durch Zurückgehen auf die mechanischen Maße des absoluten oder des elektrotechnischen Systemes, so besteht doch kein Streit darüber, daß nun einmal diese und nur diese theoretischen Einheiten der Elektrizitätslehre denjenigen quantitativ exakten Charakter ermöglicht haben, den z. B. Mechanik und Optik längst auch in unseren Mittelschulen angenommen hatten. Es könnte also nur die Frage aufgeworfen werden, ob es z. B. für das Gymnasium genüge, die Schüler auf eine Art elektrotechnischen Augenmaßes abzurichten, wie dies dem elektrotechnischen Handwerk erstes und eigentlich einziges Bedürfnis ist. Man kann sich ja ganz wohl überhaupt auf den Standpunkt stellen, daß ein Mittelschüler von der Elektrizitätslehre nicht mehr zu wissen und zu verstehen brauche, als was etwa der zu einer Reparatur nach Kurzschluß berufene Installateur an Kunstausdrücken verlauten läßt: also Steckkontakt, 16 kerzige Lampe usw. — Aber warum nur gerade hier für das Gymnasium die Ansprüche auf einmal so ermäßigen? Damit man dann um so wirksamer über modernes Banausentum klagen könne? . . Solange man aber einen Gymnasiasten für nicht unfähig hält, das bewundernswerte Begriffsgewebe, das zu den Maßeinheiten der Elektrik geführt hat, bis an seine gedanklichen Ausgangspunkte zurück zu verfolgen, wird wohl auch die Beziehung zwischen elektrischer Arbeit und elektrischer Kraft nicht unbesprochen bleiben können; und da nun diese elektrische Kraft eine (mit dem Quadrat des Abstandes) veränderliche ist, wird es bei dem Berechnen von Arbeiten entgegen diesen Kräften ohne „ein Σ" (oder lieber ein $\int$) nicht abgehen. —

Mit der Erinnerung an diese rein fachwissenschaftlichen Beziehungen ist natürlich noch keineswegs über die didaktischen Wege entschieden, auf denen man die Anfänger von einer rein experimentellen Behandlung der Elektrizitätslehre emporführt bis zu den Anfängen einer mathematischen. Solcher Wege gibt es bekanntlich viele; und alle werden sich nur mit einem bescheidensten Ziele im Aufstellen und Verstehen von Maßformeln auch in Elektrik und Magnetik begnügen müssen. Es wird sogar manches, wie z. B. die Weber-Kohlrausch'sche Zahl $3 \cdot 10^9$, die dem Übergang vom absoluten ins elektrotechnische System zugrunde liegt, den Schülern nur mitgeteilt werden können, und mit ihr auch ein wesentliches Stück der Umrechnungsformel 1 Volt $= {}^1/_{300}$ PE (absolute Potential-Einheit). Und auch diese Gleichung und die ihr vorangegangene Entwicklung der Formel $v = e/r$ würden für den Schüler wertlos bleiben, wenn ihm nicht schon vorher die qualitativen Vorstellungen, daß man z. B. in Volt Klemmenspannungen mißt, in Fleisch und Blut übergegangen sind.

Zu unserer Ausgangsfrage aber, ob nun Lehrpläne den einen oder anderen dieser Wege und dann wohl gar die einzelnen Arten von Voltmetern und Ampèremetern, die augenblicklich gerade



nicht befehlen oder verbieten, mögen nun die „Elemente des Erdmagnetismus“ ausdrücklich angeführt sein oder nicht. Jedes solche recht detaillierte Aufzählen so vieler Einzelmaterien, daß schon durch das Nichterwähnen einzelner im Lehrplan ihr Erwähnen im Unterricht und ihre Aufnahme ins Lehrbuch[1]) ein für allemal verboten erscheint, erweckt überdies den üblen und für das Ansehen des Physikunterrichtes bei Nichfachlehrern der Physik verhängnisvollen Eindruck, als hätte im physikalischen Lehrfach der Schüler, der Lehrer und der Lehrplanverfasser nur Hunderte von „Teilen in seiner Hand — fehlt leider nur das geistige Band“. Bekanntlich fehlen aber solche geistigen Bänder in der Physik so wenig wie in irgendeinem anderen in sich zusammenhängenden Gegenstand; und eine schöne Aufgabe gerade für Lehrpläne wäre es, solche Bänder noch überzeugender und fester zu knüpfen, als es dem einzelnen vielleicht in veraltenden Traditionen befangenen Lehrer und Lehrbuchverfasser einfiele. — Ich weiß, man will der Überbürdung, die aus dem Häufen entbehrlicher Einzellehren entstünde, durch jene detaillierten Aufzählungen entgegentreten. Ob man aber nicht durch solches bloßes Aufzählen (was in der Logik als Angabe von bloßen Umfangsstatt eigentlichen Inhaltsbestimmungen getadelt wird) gerade zum Fortbestehen jener ungesunden Tradition des Häufens zusammenhangloser physikalischer Lehren verleitet? Aber wie könnte dann bei einer solchen Tradition die schöne Forderung der Meraner Vorschläge erfüllt werden, „die Physik als Unterrichtsgegenstand ist so zu betreiben, daß sie als Vorbild für die Art, wie überhaupt im Bereich der Erfahrungswissenschaften Erkenntnis gewonnen wird, dienen kann“ (Gesamtbericht S. 118), und jene andere (S. 116), „daß auch an den Gymnasien wenigstens in einem naturwissenschaftlichen Fach, nämlich in der Physik, der volle Bildungswert der Naturwissenschaft unverkürzt zur Wirkung gelange“?

Es sei mir gestattet, diesen Betrachtungen noch den Entwurf eines Lehrplans für die österreichischen Mittelschulen beizugeben, den ich in der Zeit zwischen dem Erscheinen der mich wenig befriedigenden Pläne für die Physik an

als die bewährtesten gelten, vorschreiben bzw. namhaft machen müssen, ja auch nur können, steht die hier berührte Streitfrage insofern in Beziehung, als sie zeigt, daß sogar über allererste Grundsätze der didaktischen Behandlung zwischen Fach- und Schulmännern noch weitestgehende Meinungsverschiedenheiten bestehen. Sollen die Lehrpläne da gerade einen der Wege vorschreiben? Weitestgehende „Bewegungsfreiheit“ der Lehrer, die wieder viel besser durch die Lehrbücher als durch die Lehrpläne allmählich fest werdende Richtungen empfängt, dürfte auch hier das weitaus sicherste Mittel zur Sichtung zwischen einem Zuviel und einem Zuwenig an Elektrizitätstheorie in den Mittelschulen sein oder werden.

[1]) Namentlich auch dem zeitweiligen Anschwellen der Physiklehrbücher durch das Hereinnehmen von entbehrlichen Einzelheiten hofft man durch eben jenes Aufzählen aller zu gestattenden und Beschweigen der nicht zu gestattenden Einzelheiten zu steuern. Als administrative Maßregel gestaltet sich dies in der leidigen Wirklichkeit dann so, daß, wenn z. B. einem hypertrophisch ausgefallenen Lehrbuch die Approbation verweigert wird, und der Verleger sich hierüber beschwert, man ihm im einzelnen aufzeigen kann, was alles im Buch steht, das nicht im Lehrplan steht. — Aber wird dieser Vorteil, wenn er sich wirklich als solcher bewährte, nicht durch noch größere Nachteile erkauft? Zugestanden, daß zum Anbahnen von Fortschritten in der Auswahl der Lehrstoffe Lehrbuch und Lehrplan Anregungen zu geben berufen sind. Hat aber hierbei nicht doch das Lehrbuch mit seiner zusammenhängenden Darstellung noch einen Vorsprung vor dem, wenn auch aus noch so vielen zusammenhanglosen Schlagwörtern bestehenden, Lehrplan? Und wenn der Takt des Lehrbuchverfassers sich als nicht ausreichend erwiesen hat, muß es eben dann beim Machtspruch der Behörde als einem Letzten bleiben. So beim bisherigen österreichischen Approbationsverfahren. Ob der hierin demokratischere reichsdeutsche Modus der Empfehlung durch eine bestimmte Anzahl von Fachlehrern nicht sachgemäßer ist, wäre Gegenstand umfassender und hoffentlich folgenreicher, wohltätiger Erwägungen.



den neuen Realgymnasien (Sommer 1908) und der zu verbessernden für Gymnasien und Realschulen (Frühjahr 1909) zusammengestellt habe — zunächst zur Fixierung meiner eigenen langgehegten Wünsche für die Entwicklung unseres österreichischen Physikunterrichtes. — Es sind dabei die äußeren Abgrenzungen von „Lehrziel", Stoff der einzelnen Klassen und „Bemerkungen" so beibehalten, wie sie jene Pläne für Realgymnasien gegeben hatten. — Dem hieran näher interessierten Leser darf ich es überlassen, durch Vergleichung im einzelnen zu sondern, wo mein Entwurf mit den soeben veröffentlichten Plänen, namentlich für Gymnasien und Realschulen, übereinstimmt, und wo er von ihnen abweicht (— so namentlich in den „Bemerkungen", deren offizieller Text manches heute Selbstverständliche enthält, dagegen manches eine grundsätzliche Neugestaltung Anregende nicht enthält; wobei anerkannt sei, daß schon das Wegfallen der früheren ausführlichen „Instruktionen" ein Vorteil ist).

Entwurf zu künftigen physikalischen Lehrplänen für Mittelschulen.

Unterstufe (dreizehntes und vierzehntes Lebensjahr).

Lehrziel: Kenntnis der auffälligsten Naturerscheinungen auf Grund von Beobachtungen in der Natur und von Schul- und Schüler-Versuchen. Anwendung auf verwandte Erscheinungen und ihre einfachsten praktischen Verwertungen. — Fortführung und Abschluß der astronomischen Geographie und Einführung in die Himmelskunde. — Anfangsgründe der Chemie unter Anknüpfung an nächstliegende mineralogische Wahrnehmungen und als Vorbereitung auf den zusammenhängenden Mineralogie- u. Biologie-Unterricht des folg. (V.) Jahrganges.

III. Klasse (wöchentlich 2 Stunden):

Einleitung: Raumerfüllung der Körper. Aggregatzustände der Stoffe. Lotrechte, wagrechte Richtung. Absolutes, spezifisches Gewicht. Luftdruck (soweit für Wärmelehre nötig).

Wärmeerscheinungen: Wärmeempfindungen. Wärmegrad und Wärmemenge. Veränderung des Volumens und des Aggregatzustandes Ausbreitung der Wärme durch Leitung, bei Strömungen und durch Strahlung. Wärmequellen.

Magnetische und elektrische Erscheinungen. Natürliche und künstliche Magnete. Pole und ihre Wechselwirkung. Magnetisierung durch Verteilung (und Streichen). Die Erde als Magnet.

Elektroskopischer Zustand. Gut- und Schlechtleiter. Positive und negative Ladungen. Ladungsgrad und Ladungsmenge. Elektrisierung durch Verteilung. Erzeugung und Ansammlung von Ladungen (ohne Verweilen bei ungebräuchlich gewordenen Apparaten). Gewitter, Blitzableiter. — Elektrische Ströme (Galvanische Ketten nur, insoweit sie nicht durch moderne Stromquellen entbehrlich geworden sind). Wärme-, Licht- und magnetische Wirkungen des Stromes. Elektro- und Magneto-Induktion. Fortlaufende Anwendung auf die dem Schüler nächstliegenden elektrotechnischen Einrichtungen.

Licht- (und Schall-) Erscheinungen: Geradlinige Ausbreitung des Lichtes; Schatten, Dunkelkammer. Licht- und Beleuchtungsstärke. Reflexion und Brechung. Erscheinungen an Spiegeln, Platten, Prismen, Linsen. Farben. Wärme- und chemische Strahlungen (Vorläufiges über Photographie). Auge; Wirkungsweise der Brillen, Mikroskope und Fernrohre.

Von den Schallerscheinungen nur einiges zur Vergleichung mit den Lichterscheinungen: Geradlinige Ausbreitung. Abnahme der Stärke mit dem Abstand von der Schall- (Licht-) Quelle. Reflexion. — Ohr; Klänge und Geräusche.

Himmelserscheinungen (über das ganze Schuljahr verteilt): Erste Orientierung am Fixsternhimmel. Phasen und Umlauf des Mondes. Bewegung der Sonne in bezug auf den Fixsternhimmel.

IV. Klasse (wöchentlich 3 Stunden).

1. Semester: Aus der Mechanik: Beschreibung gleichförmiger und gleichmäßigbeschleunigter Bewegungen (an der schiefen Ebene und im freien Fall). Mechanische Kräfte: Bewegungswirkungen (Beschleunigung), Druck- und Zugwirkungen (Spannung); Messung der



letzteren durch Gewichte. Schwerkraft. Trägheit und Beharrung. Stoß. Bewegungshindernisse. Zusammensetzung und Zerlegung von Bewegungen und von Kräften mit einfachsten Anwendungen (Wurf, Pendel). Schwerpunkt und Arten des Gleichgewichtes. Arbeitsleistungen durch einige einfache und zusammengesetzte Maschinen. —

Zusammenfassende Beschreibung der während der vorangegangenen drei Schuljahre beobachteten Himmelserscheinungen und ihre Erklärung aus dem Kopernikanischen System.

Verhalten der Flüssigkeiten gegen äußeren und inneren Druck. Kommunizierende Gefäße, Kapillarität. Auftrieb. Schwimmen. Die einfachsten Methoden zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes fester und tropfbarer Körper. —

Messung des Luftdruckes (Torricellis und Guerickes Versuche). Barometer, Luftpumpe, Boyle-(Mariotte)sches Gesetz (das von Gay-Lussac ohne mathematische Formeln). Fortlaufende Anwendung der aeromechanischen und aerothermischen Gesetze auf die verbreitetsten Apparate und Maschinen (Pumpen, Heber, Luftballon, Dampf-, Benzin-Motoren u. dgl.).

2. Semester: Aus der Chemie: Beispiele von Synthesen, Analysen und Substitutionen, ausgehend von Mineralstoffen, die dem Schüler schon aus seiner täglichen Erfahrung bekannt sind (Eisen, Schwefel, Wasser, Luft, Kochsalz u. dgl.). Gesetze der Erhaltung der Stoffmenge, der konstanten Gewichtsverhältnisse, der konstanten und einfachen Volumsverhältnisse an Gasen. Chemische Namen, Formeln und Gleichungen. — Beschränkte Zahl von solchen Elementen und Verbindungen, die im Haushalt der Natur und des Menschen eine auch dem Schüler auffällige Rolle spielen. Säuren, Basen, Salze. Ergänzung der Elektrizitätslehre durch einfachste und praktisch wichtige elektrochemische Vorgänge (Elektrolyse, Galvanoplastik; Akkumulatoren).

In durchgehender Verbindung mit dem chemischen Unterrichte: erweiternde und vertiefende Kenntnis von Mineralien und Gesteinsarten. Hinweise von diesen unorganischen Stoffen auf einige Kohlenstoffverbindungen und ihre Bedeutung im organischen Leben als Vorbereitung auf den biologischen Unterricht der beiden nächsten Jahrgänge.

Oberstufe (siebzehntes und achtzehntes Lebensjahr).

Lehrziel: Beschreibung und Erklärung der grundlegenden physischen (im engeren Sinn physikalischen, der astronomischen, meteorologischen, chemischen) Erscheinungen und Gesetze. Anbahnung eines Verständnisses für die hierbei bewährten wissenschaftlichen Methoden einfachster Art und ihre geschichtliche Entwicklung.

VII. Klasse: (Wöchentlich 4 Stunden).

Mechanik: Phoronomische Beschreibung einiger typischer Bewegungen von Punkten. Dynamische Erklärung mechanischer Erscheinungen durch die Begriffe: Kraft, Masse, Arbeit und Energie. (Den Lehren von der Planetenbewegung und der allgemeinen Massenanziehung ist das Einschlägige aus der Astronomie vorauszuschicken.) Mechanik starrer Systeme, fester, flüssiger und gasförmiger Körper. Mechanische Molekularwirkungen und ihre Erklärung durch die Molekularhypothese.

Wärmelehre: Abhängigkeitsbeziehungen zwischen Wärmegrad und Wärmemenge, Volumen und Aggregatzustand. Ausbreitung der Wärme durch Leitung, bei Strömungen und durch Strahlung. Wärmequellen und mechanisches Wärmeäquivalent. Erklärung der Wärmeerscheinungen durch die Grundgedanken der kinetischen Wärmehypothese.

Fortlaufende Anwendung der aeromechanischen und aerothermischen Gesetze zur Beschreibung und Erklärung meteorologischer Erscheinungen.

Chemie (2. Hälfte des 2. Semesters): Wiederholung und Ergänzung des Lehrstoffes der Unterstufe. Vertiefung durch nähere Begründung der Molekular- und Atom-Theorien auf Grund namentlich der vorausgegangenen Aeromechanik und Wärmelehre.

VIII. Klasse (Wintersemester wöchentlich 3, Sommersemester 4 Stunden).

Ergänzende Wiederholung der Lehre von den Schwingungen; Wellenlehre. Akustik und Optik. Abschluß der Astronomie (namentlich im Anschluß an die Spektralanalyse).

Elektrik und Magnetik (zugleich als immanente Wiederholung der physikalischen Grundlehren aller vorausgegangenen Abschnitte).

Bemerkungen.

Die in den Bemerkungen zum Lehrplan der Mathematik[1]) aufgezählten Hauptpunkte 1—6 finden sinngemäße Übertragung auch auf den physikalischen Unterricht:

1. Die „Anpassung an die jeweilige geistige Entwicklung der Schüler“ ist ermöglicht durch Beibehaltung der Zweistufigkeit in diesem Gegenstand; denn nach bekannten Erfahrungen ist das Interesse der 13—14 jährigen Knaben an physikalischen und chemischen Dingen ein wesentlich anders geartetes als während der beiden obersten Jahrgänge der Mittelschule. Es gilt also nur, an das natürliche Interesse des Knaben für auffällige Naturvorgänge, für die allenthalben von ihm wahrgenommenen und benützten technischen Anwendungen und für überraschende und leichtfaßliche Schul- und Schülerversuche didaktisch geschickt anzuknüpfen, um jenes Interesse rege zu erhalten, das dann den physikalisch-chemischen Vorunterricht zu willkommenen Erholungsstunden macht und gerade hierdurch dem künftigen wissenschaftlichen Unterricht der Oberstufe unverlierbare und unentbehrliche Grundlagen gibt. Jenes natürliche Interesse würde dagegen unterbunden durch jede Überfüllung mit äußerlich angelerntem Lehrstoff, namentlich durch eine Vorwegnahme der streng mathematischen Formulierung für die auch hier schon in einfachsten Fällen unmittelbar aus den Versuchen abzuleitenden Gesetzmäßigkeiten (funktionalen Beziehungen, z. B. in 2, 3, 4 mal so großen Zeiten werden 4, 9, 16 mal so große Fallstrecken durchlaufen).

Nachdem frühere Jahrzehnte den Schulversuch auf der Unter- wie nicht minder auf der Oberstufe als den (neben der Beobachtung spontaner Erscheinungen) unentbehrlichen Ausgangspunkt für jede weitere denkende Erörterung der Naturerscheinungen und -gesetze erkannt und eingebürgert haben, ist im letzten Jahrzehnt die Forderung eines Fortschreitens vom Schul- zum Schülerversuch immer allgemeiner erhoben und vielfach auch schon verwirklicht worden. An der Besiegung zahlreicher Schwierigkeiten, die der allgemeinen Verwirklichung dieser neueren Forderung noch entgegenstehen, wird auch weiterhin von seiten der Lehrer mitzuarbeiten sein. Aber auch die nicht gleichmäßige Begabung und Neigung der Schüler für solches Handanlegen soll mit in Rechnung gezogen werden. Es sind daher die Schülerübungen, soweit sie von seiten der Schule direkt veranstaltet und beaufsichtigt werden, bis auf weiteres nur als wahlfreie[2]) in Aussicht genommen und den

---

[1]) Diesem Lehrplan der Mathematik (der, wie in Bd. I der Didaktischen Handbücher des realistischen Unterrichts eingehend zu besprechen sein wird, sich vielfach an die Meraner Vorschläge anschließt und für Österreich das stärkste Hinausgehen über das bisher Gewohnte im Vergleich zur Reform aller übrigen Unterrichtsfächer darstellt) folgen „Bemerkungen“, die so beginnen: „Durch den vorstehenden Lehrplan wird angestrebt: 1. Anpassung an die jeweilige geistige Entwicklung der Schüler. 2. Vereinfachung des Lehrganges durch nähere Verbindung innerlich zusammengehöriger Lehren namentlich auf allen Stufen zwischen Arithmetik und Geometrie. 3. Allseitige Anpassung des mathematischen Lehrstoffes an die einschlägigen Unterrichtsfächer und an die Anwendungsgebiete des wirklichen Lebens. 4. Erfassen funktionaler Beziehungen, anfänglich bei allen besonderen Gelegenheiten innerhalb des mathematischen Unterrichtes, gegen dessen Abschluß Erfassen des Funktionsbegriffes bis einschließlich des Maßes der Veränderung einer Funktion durch den Differentialquotienten. 5. Pflege der räumlichen Anschauung, unterstützt durch einschlägige manuelle Tätigkeit des Schülers (Anfertigung von Zeichnungen, Modellen u. dgl.). 6. Beseitigung veralteter oder sonst als didaktisch unfruchtbar erkannter Stoffe und dadurch Vereinfachung und Erleichterung im Vergleich zum Hergebrachten, unbeschadet der vorgenannten Neuerungen.“

[2]) Die neuen österreichischen Lehrpläne (hierin gleichlautend für Gymnasien, Realgymnasien und Realschulen) sagen in den „Bemerkungen“: „Wo immer es die Verhältnisse gestatten, werden wahlfreie physikalische Übungen einzurichten sein. Sie sind nicht nur ein vortreffliches Mittel, das Interesse der Schüler für den Gegenstand zu steigern, sondern gewähren auch eine gute Gelegenheit, sie zu geduldiger, sorgfältiger und ehrlicher Arbeit zu erziehen.“

Viel weiter war in Sachen der Schülerübungen der am 27. Juni 1907 veröffentlichte Lehrplan der bayrischen Oberrealschulen (abgedruckt in dieser Zeitschrift, XX. Jahrg., Heft V, September 1907, S. 331—335) gegangen, in dem es schon innerhalb des Abschnittes „Lehrziel“ heißt: „Der Unterricht soll soweit als irgend möglich an die in der Natur sich abspielenden Vorgänge anknüpfen und von den auf Grund von Experimenten gewonnenen Erfahrungen ausgehen. Daher soll der demonstrative und theoretische Unterricht in einer innigen Verbindung mit Schülerübungen stehen. Diese

Lehrern als wirksamstes Mittel empfohlen, um den Schüler in engste Fühlung mit den Naturtatsachen und -gesetzen zu bringen. Darüber hinaus aber werden auch die Lehrbücher (zusammen mit der vom Lehrer zu gebenden Anleitung zur sinngemäßen häuslichen Benutzung für das wiederholende Durchdenken des in der Schule Erlernten) helfen, daß die im Buche geschilderten Versuche möglichst oft und regelmäßig es dem Schüler nahelegen, sich nicht etwa auf das Lesen und Memorieren eines Lehrtextes zu beschränken, sondern die geschilderten Erscheinungen an selbstverfertigten kunstlosen Vorrichtungen zu Hause zu wiederholen und zu variieren. Hierzu kommt noch, daß bei Erscheinungen, die sich spontan in der Natur abspielen, so insbesondere bei denen am gestirnten Himmel, und die von dem für sie sich interessierenden Knaben meist nur dann unbeachtet bleiben, wenn die Schule es unterlassen hat, ihn rechtzeitig auf sie aufmerksam zu machen und zu ihrer Beobachtung einzuladen, nun eine solche Anleitung von dem Lehrer als ein mindestens ebenso wesentlicher Teil des naturkundlichen Unterrichts erkannt und gepflegt wird wie das bloße Absolvieren von Lehrstoff nach dem Lehrbuch. Unermüdliche Aufforderungen, z. B. von auffälligen Konstellationen, vom täglichen Breiterwerden der Mondsichel u. dgl. m. Zeichnungen, wenn auch anfänglich noch so unvollkommener Art zu entwerfen, werden allmählich den Blick des Schülers über die Schulstube hinaus für die Natur im Großen erweitern und schärfen. Da der Unterricht im Freien, als wie förderlich, ja unentbehrlich er längst für eine wirkliche „Naturlehre" erkannt und anerkannt ist, doch immer wieder auf Schwierigkeiten, namentlich in großen Städten, stößt, so erwächst der Schule die schwierige, aber dankbare Aufgabe, den Schüler zu ermutigen, daß er trotz jener Schwierigkeiten sich nichts von dem Anblick merkwürdiger Naturvorgänge entgehen läßt, die sich den auf dem Lande Lebenden fast von selbst, dem Städter aber erst dann darbieten, wenn er sie richtig aufzusuchen gelernt hat.

2. Eine „Vereinfachung des Lehrganges durch nähere Verbindung innerlich zusammengehöriger Lehren" wird zur Pflicht namentlich auf der Oberstufe, wo nicht nur der systematische Aufbau der physikalischen und chemischen Wissenschaft als solcher, sondern auch das intellektuelle Bedürfnis der herangereiften Schüler danach verlangt, daß z. B. im physikalischen Unterricht nicht minder als im mathematischen die auf der Unterstufe angebahnten Einzelkenntnisse sich zu einem gedanklichen Ganzen zusammenschließen. Wie dann innerhalb des mathematischen Unterrichts eine durchgängige Verbindung von Arithmetik und Geometrie, so ist auf der physikalischen Oberstufe namentlich eine ungezwungene Verbindung zwischen Physik und Mathematik anzustreben. Die Reformen des mathematischen Unterrichtes durch Pflege des funktionalen Denkens und Aufnahme des Differentialquotienten in den Mittelschulunterricht sind ja namentlich im Hinblick auf unabweisliche Bedürfnisse des Physikunterrichts geschehen. Sollte hierin schon im Mathematikunterricht als solchem „nicht eine Vermehrung, sondern eine Vertiefung und hiermit Vereinfachung" erzielt werden, so möge sich auch der Lehrer der Physik durch die verfügbar gewordenen neuen mathematischen Mittel ja nicht verleiten lassen, in den Fehler früherer Jahrzehnte zurückzuverfallen, in denen der physikalische Unterricht unter nichts schlimmer gelitten hat als unter dem Übermaß des aufgebotenen mathematischen Apparates. Jeder Lehrer, der das Wesentliche der Beziehung zwischen einem physikalischen Begriff oder Gesetz und seiner mathematischen Einkleidung von Grund aus erfaßt hat, weiß, daß fast ausnahmslos nur die allereinfachsten mathematischen Operationen (allerdings auch die Grundbegriffe der Differential- und Integralrechnung mit einbegriffen) für die quantitative Fixierung jener Begriffe und Gesetze notwendig und ausreichend sind. Wo die Formeln und Rechnungen komplizierter werden, liegt es regelmäßig nicht an den physikalischen Ansätzen, sondern an ihrer mathematischen Durchführung und Auswertung. Mit Recht wurde daher wiederholt und wird auch hier neuerdings empfohlen: innerhalb der Physikstunden nur die physikalischen Ansätze als solche, diese aber bis zum Beheben jeder dem Schüler etwa verbleibenden Unklarheit oder

Übungen sollen auf der Unterstufe den Schüler zu einem klaren Erfassen der physikalischen Begriffe führen und zum physikalischen Denken anleiten. Die Anfangsübungen sind durchweg als gemeinsame Übungen der Klasse auszugestalten, in denen der Lehrer den Fortschritt der Experimente überwacht und regelt und die Übungen in gemeinsamer Besprechung durch Frage und Erläuterung ihrem Ziele entgegenführt. Später ist durch Einzelarbeit eine größere Selbständigkeit allmählich anzustreben."



bloß äußerlichen Reproduktion von Definitionen und Regeln sicherzustellen; dagegen diese Ansätze dann in den Mathematikstunden als willkommenes Übungsmaterial weiter und bis zu Ende rechnerisch verarbeiten zu lassen. Wirksamer als durch alle anderen Mittel zur Beseitigung der ehemaligen formalistischen mathematischen Aufgaben wird

3. die „allseitige Anpassung des mathematischen Lehrstoffes an die einschlägigen Unterrichtsfächer und an die Anwendungsgebiete des wirklichen Lebens“ durch ein solches Hand-in-Hand-Gehen gerade mit dem physikalischen (einschließlich des astronomischen, seltener des chemischen) Unterrichts sich verwirklichen. Welche Dienste hierbei im besonderen

4. das „Erfassen funktionaler Beziehungen einschließlich der Verwendung von Differentialquotienten“ und

5. die „manuelle Tätigkeit des Schülers“ nach experimenteller Richtung des physikalischen Unterrichts in Schule und Haus leisten können und sollen, ist schon im obigen Zusammenhang berührt worden. Noch ausgiebiger aber als selbst im mathematischen Unterricht ist

6. die „Beseitigung veralteter oder sonst als didaktisch unfruchtbar erkannter Stoffe“ und dadurch Vereinfachung und Erleichterung im Vergleich zu dem Hergebrachten eine besonders im physikalischen Unterricht dringend und stetig sich erneuernde Forderung. Denn während in der mathematischen Wissenschaft sich inhaltliche Neuerungen fast nur mehr in ihren höchsten, der Schule auf alle Fälle entrückten Gebieten vollziehen, reichen solche innerhalb der Physik und Chemie schon infolge der beständig neu auftauchenden technischen Erfindungen bis hinab in den naheliegenden Interessenkreis des Anfängers. Die oft geäußerte Furcht aber, daß eine unvermeidliche Folge dieser wissenschaftlich-technischen Fortschritte ein beständiges Anschwellen des physikalischen Lehrstoffes sei, übersieht den Umstand, daß mit der fortschreitenden Erkenntnis von Einzeltatsachen sich die physikalischen Begriffe und die übrigen Denkmittel der Physik beständig besser den Tatsachen anpassen und hierdurch den Überblick erleichtern. Wieviele der einst isoliert dastehenden Tatsachen und Gesetze innerhalb der verschiedenen Kapitel der Physik und Chemie sind nicht durch Begriff und Prinzip der Energie vereinheitlicht worden! —

Im Vertrauen auf den wissenschaftlichen Überblick des Lehrers und auf sein Streben, das innerhalb der Wissenschaft und Technik als minder wesentlich oder geradezu veraltet Erkannte (eines der auffälligsten Beispiele gibt hier die völlige Umgestaltung der wissenschaftlichen und technischen Lehre von den elektrischen Erscheinungen) nicht mehr seinen Schülern aufzunötigen, wurde von einer erschöpfenden Aufzählung sämtlicher physikalischen Einzellehren, die im Unterricht zulässig sind, namentlich für die Oberstufe Abstand genommen. Es werden hier folgende Einzelbemerkungen zu den Zielbestimmungen und Aufgaben der einzelnen Klassen als richtunggebend genügen:

III. Klasse. Als Einleitung sind die „Allgemeinen Eigenschaften“ für die Unter- wie für die Oberstufe als sachlich wie didaktisch ungeeignet fast allgemein außer Gebrauch gekommen. Für die Unterstufe genügt die Anführung einiger weniger Begriffe und Tatsachen, die alsbald in der Wärmelehre benötigt werden (z. B. die Größe des Luftdruckes bei der Feststellung des Siedepunktes). Anderes, wie das spezifische Gewicht, findet auch im gleichzeitigen mathematischen Unterricht (z. B. Volumsberechnungen von Prismen, bestätigt durch Wägungen) beständig Anwendung.

Bei der Auswahl und Anordnung der einzelnen Abschnitte aus der Physik für die III. und IV. Klasse war die Erfahrung bestimmend, daß für eine noch nicht eigentlich wissenschaftliche Behandlung z. B. die Wärme-, die elektrischen und Lichterscheinungen wesentlich leichter, weil sinnfälliger, sind als die mechanischen, wo z. B. schon die Begriffe „Beschleunigung“ und „Kraft“ selbst bei elementarster Behandlung immerhin schon ein gewisses Maß von Abstraktion verlangen. Andrerseits erlaubt die Wärmelehre ein unmittelbares Anknüpfen an den Unterricht der astronomischen Geographie der beiden vorausgegangenen Jahre, der nun an den Physikunterricht der beiden folgenden übergeht (z. B. Land-, Seeklima, Abhängigkeit der Erwärmung durch die Sonnenstrahlen vom Einfallswinkel). — Die zunächstfolgende Lehre von magnetischen Erscheinungen verbindet die bisherige Orientierung nach dem Sonnenstand mit der nach dem Kompaß und nach den Fixsternen. — Die aus alltäglichen und sinnfälligen Beobachtungen und Unterscheidungen gewonnenen Begriffe „Wärmegrad“ und „Wärmemenge“ erlauben hierauf eine durchaus analogische Behandlung der Begriffe „Ladungsgrad“ und „Ladungsmenge“; wogegen nicht nur der



Begriff, sondern auch schon der Name des Potentials auf der Unterstufe höchstens erst dann heranzuziehen sein wird, wenn der ihm gleichbedeutende des Ladungsgrades den Schülern an den mannigfaltigen elektrischen Erscheinungen schon ganz vertraut geworden ist. — Angesichts der unvergleichlichen Raschheit, mit der die elektrotechnischen Errungenschaften der jüngsten Jahrzehnte auch schon in kleinere Städte eingedrungen sind, so daß den meisten Schulen die Straßenströme unschwer zugänglich sind, soll es dann dem Unterricht selbst schon der Unterstufe nicht verwehrt sein, einen anderen Lehrgang als den von der Elektrostatik und dann von den galvanischen Elementen ausgehenden in Aussicht zu nehmen oder zu versuchen.

Als letzter in die Sommermonate fallender Abschnitt ist die Lehre vom Licht angesetzt. Da sie jetzt ein Jahr früher als bisher zur Behandlung kommt, wird der Unterricht auf möglichste Erleichterung bedacht sein müssen. Doch schließt dies nicht aus, daß der Schüler zu fleißigem Konstruieren des Ganges der Strahlen angehalten wird, worin dann nicht nur die überzeugendste Erklärung der Erscheinungen an Spiegeln, Linsen, Mikroskopen usw., sondern auch die angemessenste häusliche Vorbereitung liegt, zumal sie den zeichnerischen Übungen des Mathematikunterrichtes sich anschließt.

Wenn aus der Lehre vom Schall gegen die bisherige Gewohnheit nur einige wenige Erscheinungen und Gesetze, die denen des Lichtes auffallend analog sind, für die Unterstufe ausgewählt werden, so kommt darin zunächst die spezielle Rücksicht darauf zum Ausdruck, daß für den unmusikalischen Teil der Schüler jedes nähere Eingehen auf Tonleitern, Schwingungszahlen der einzelnen Töne u. dgl. naturgemäß ganz unverständlich gewesen war; dann aber auch die allgemeine Erwägung, daß es sich überhaupt nicht darum handeln kann, ein auch nur relativ vollständiges Durchnehmen oder mehr oder weniger flüchtiges Berühren sämtlicher Einzellehren der Physik im Mittelschulunterricht überhaupt, geschweige schon auf seiner Unterstufe, anzustreben. Zu solcher Ausscheidung des für den Zusammenhang Entbehrlichen bot sich am ehesten Einzelnes aus der Akustik dar, wozu noch kommt, daß das vielfach übliche Ausgehen von mechanischen Vorstellungen (Schwingungen und Wellen — statt von den Tonempfindungen selbst) wegen der auf der Unterstufe erst folgenden Mechanik sich von selbst verbietet. Gleichwohl hindert nichts, daß der Lehrer, z. B. ohne auf die Fortpflanzung in Longitudinalwellen einzugehen, den Schüler an die von ihm gewiß schon bemerkte Verspätung des Knalles gegenüber dem Blitz einer Kanone (Blitz und Donner beim Gewitter) erinnert, dabei die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Schalles (rund 340 m) mitteilt, von der des Lichtes aber nur sagt, daß sie für gewöhnliche Mittel unmeßbar groß ist.

Der Unterricht der astronomischen Geographie, dem in dieser III. Klasse nur ein an sich geringfügig scheinender Lehrstoff zugewiesen ist, nämlich die an die Sonnenbeobachtungen der zwei vorausgegangenen Schuljahre sich anschließende Beobachtung der Sterne und des Mondes, kann einen wirklichen Erfolg nur dann haben, wenn er sich, wie in den noch immer fortzusetzenden Sonnenbeobachtungen, über das ganze Schuljahr planmäßig verteilt. Denn er soll ja eben in einem Anhalten des Schülers zu einer wiederholten Beobachtung, z. B. der Mondphasen innerhalb mehrerer aufeinander folgender Monate, des hohen Standes des Vollmonds im Winter, des niedrigen im Sommer u. dgl. bestehen. Nur so kann sich während dieses Schuljahres ein erstes anschauliches Bild von der Bewegung des Mondes in bezug auf die Sterne festlegen und so auch der für den Unterricht des nächsten Jahres grundlegende Begriff der Bewegung der Sonne im Tierkreis und der Umdeutung dieser und aller übrigen scheinbaren Bewegungen nach dem Kopernikanischen System ein über bloßes Wort- und Buchwissen hinausgehender dauernder Besitz des Schülers werden. Es versteht sich von selbst, daß man Einzelheiten, wie die Erklärung der Finsternisse, an die entsprechenden Abschnitte der Physik, also hier der Lehre von den Schatten, als eine Anwendung im Großen anschließen wird.

Es sei auch sogleich in diesem Zusammenhang bemerkt, daß ebenso die dem nächsten Schuljahre (IV. Klasse) vorbehaltene Einführung in das Kopernikanische System dort als die großartigste Anwendung des Begriffes relativer Bewegung dem Unterrichte der Mechanik einzufügen, dann aber wieder in mannigfachen Übungen das ganze Schuljahr hindurch zu pflegen sein wird.

IV. Klasse. Dem Unterricht der Mechanik auf der Unterstufe haftet die Schwierigkeit an, daß er den Lehrer selbst bei der durch den Lehrplan auf einfachste Erscheinungen und Gesetze beschränkten Auswahl leicht dazu verleitet, auf wissenschaftliche Begriffsbestimmungen



und mathematische Formulierungen vorauszugreifen, die der Schüler auf dieser Stufe nicht von Grund aus verstehen kann, und für die er sich daher wenig oder gar nicht interessiert. Nur zu leicht werden dann Definitionen, wie „Kraft ist die Ursache einer Bewegung“, bloß gedankenlos auswendig gelernt und bleiben also für den naturkundlichen Unterricht als solchen völlig wertlos, selbst abgesehen davon, daß sie es auch in wissenschaftlicher Hinsicht sind. Vor solchen Mißgriffen bewahrt am besten der Grundsatz, in der Mechanik der Unterstufe nichts vorzunehmen, was sich nicht ebenso regelmäßig durch wirkliche Versuche finden und erläutern läßt wie alles in den vorausgegangenen Teilen des physikalischen Vorunterrichtes.

Indem dem letzten Abschnitt der Mechanik, dem mechanischen Verhalten der Gase, unmittelbar die Chemie folgt, findet diese, deren einfachste volumetrische Grundgesetze sich eben auf die Gase beziehen, in jenen vorausgegangenen physikalischen Lehren einen wirksamen Rückhalt und Anknüpfungspunkt. Umgekehrt finden jene innerhalb der Physik fast nur aus dem Verhalten der Luft abgeleiteten Gesetze nun ihre Erweiterung auf andere Gase, von denen Wasserstoff, Sauerstoff, Kohlendioxyd usw. wieder innerhalb des Lehrsystems der Chemie eine durchaus grundlegende Rolle spielen. Da weitaus die meisten dieser Gase unsichtbar sind, wäre bei einer zu frühen Ansetzung der Chemie nach einer noch nicht festgewordenen Gewöhnung an physikalisches Beobachten ein geringer Erfolg des chemischen Vorunterrichtes nur zu erklärlich.

Auch bei den nun durch drei Semester physikalischen Unterrichts gereifteren Schülern bleibt die nächstliegende Aufgabe dieses chemischen Unterrichtes: allenthalben eine Anknüpfung an das zu finden, was ebenfalls dem Schüler wieder aus dem gewöhnlichen Leben und zum Teil aus dem vorausgegangenen naturgeschichtlichen Unterricht schon in spontanen Wahrnehmungen bekannt geworden ist. Es wird nämlich schon der Unterricht der Pflanzenkunde in der I. und II. Klasse nicht versäumt haben, auf die Abhängigkeit des Pflanzenwuchses von dem Boden gelegentlich aufmerksam und dabei mit sinnfälligen petrographischen und mineralogischen Einzelheiten in der Umgebung des Schulortes bekannt zu machen. Werden überdies jetzt Luft und Wasser einerseits nach ihrem Einfluß auf die Gestaltung des Bodens, andrerseits nach ihren chemischen Bestandteilen der Aufmerksamkeit und dem Verständnis des Schülers durch Beobachtungen und Versuche nahe gebracht, so ergibt sich eine ungezwungene Verbindung mineralogischer und chemischer Belehrungen, ohne daß in diesem ersten chemischen Unterricht dem im nächsten Schuljahr folgenden zusammenhängenden Mineralogieunterricht etwas vorweggenommen wird. Wenn aber diesem Chemieunterricht der Unterstufe im Vergleich zu früher auch eine etwa dreimal so große Unterrichtszeit und insbesondere das reifere Alter und die physikalische Vorschulung zustatten kommt, so wird er sich doch nicht zu einer Häufung des Stoffes durch mehr oder minder oberflächliches Berühren allzuvieler Grundstoffe und Verbindungen verleiten lassen, sondern an einer möglichst sparsamen Auswahl das Wesentliche der chemischen Betrachtungsweise dem Schüler nahe bringen. Des pädagogischen Taktes bedarf auf dieser Stufe insbesondere die schon durch die chemische Formelsprache unvermeidliche Atom- und Molekular-Theorie der Chemie, da für die ihr zugrunde liegenden Tatsachen und die aus diesen zunächst abgeleiteten Vorstellungen (z. B. die Avogadrosche Hypothese) die ausreichenden Begründungen auf dieser Stufe eben doch noch nicht gegeben werden können. Von den chemischen Formeln und Gleichungen wird überall nur soweit Gebrauch zu machen sein, als die durch sie ausgedrückten chemischen Stoffe und Vorgänge vom Schüler anschaulich aufgefaßt und ohne äußerliches Memorieren im Gedächtnisse festgehalten sind; auf jene Formeln auf der Unterstufe noch ganz zu verzichten ginge aber schon deshalb nicht an, weil sie auch teilweise unabhängig von den hypothetischen Atomvorstellungen der einfachste Ausdruck für die quantitativen Beziehungen zwischen den Bestandteilen der Verbindungen sind, die auch schon dem Anfänger als das für eine chemische Erscheinung Wesentliche geläufig werden sollen. —

Indem sich der Lehrplan für die **Oberstufe** mehrfach nur auf die kurze Nennung der in den einzelnen Schuljahren und Semestern zu behandelnden Abschnitte beschränkt, setzt er voraus, daß die Lehrbücher und Lehrer durch das berechtigte Bestreben, den Schüler in die Anfänge einer wissenschaftlichen Betrachtung einfachster Gegenstände der Physik (einschließlich Astronomie, Meteorologie und Chemie) einzuführen, sich nicht zu irgendwelcher Häufung der Einzelheiten verleiten lassen, durch die die Qualität des Unterrichtes und der



gesamte Unterrichtserfolg zu unvermeidlichem Schaden kämen. So wie in den Bemerkungen zum mathematischen Lehrplan z. B. nicht die einzelnen Sätze und Hilfssätze der Trigonometrie aufgezählt oder einzelne der letzteren vom Unterrichte ausdrücklich ausgeschlossen wurden, wird es auch für den physikalischen Unterricht der Einsicht des Lehrers überlassen bleiben dürfen, wieviel er z. B. an mathematischer Vertiefung einzelner Begriffe der Mechanik, an einzelnen der jeweilig neuesten und besten elektrischen Meßinstrumente u. dgl. m. in den Unterricht einbeziehen dürfe, ohne den Schüler zu überlasten oder ihm grundlegende Partien anderer Abschnitte ganz vorzuenthalten. Im ganzen hat ja eine vieljährige Unterrichtstradition das hierin Mögliche und Nötige schon gegeneinander abgegrenzt; sie muß aber zugleich schon im Hinblick auf den unaufhaltsamen Fortschritt der wissenschaftlichen und technischen Physik zu fortwährenden Revisionen die nötige Bewegungsfreiheit behalten. Ihr gegenüber bildet die Aufnahmefähigkeit des Schülers und die wirkliche geistige Förderung, die nur ein maßvoller physikalischer Unterricht ihm gewähren kann, eine über den wissenschaftlichen Rücksichten nie außer acht zu lassende didaktische Konstante. Daher zu den einzelnen Abschnitten der Oberstufe nur noch folgende Bemerkungen:

VII. Klasse: Die Mechanik hat auch auf der Oberstufe ihren physikalischen Charakter zu wahren, muß also auch hier wie auf der Unterstufe die experimentelle Erfahrung als Grundlage erkennen lassen und darf in der mathematischen Ausgestaltung nur so weit gehen, als es der innere Zusammenhang der mechanischen Erscheinungen (Bewegungen und Spannungen) für eine erste Einführung unentbehrlich macht. Hydro- und Aero-Mechanik werden nur in wenigen Einzellehren (z. B. Kapillarität, Strömungen, barometrische Höhenmessung, Diffusion) über eine zusammenfassende Wiederholung des Stoffes der Unterstufe hinauszugehen brauchen.

Die auf der Oberstufe nicht zu übergehenden molekularen und atomistischen Hypothesen werden in der Mechanik wie in der Wärmelehre erst dann einzuführen sein, wenn sie der Schüler als in den vorher und unabhängig von ihnen dargestellten Tatsachen selbst wohlbegründet zu erkennen vermag. Gleiches gilt später von den Lichthypothesen, die als eines der schönsten Beispiele für die Bestätigung der einen und Ausschließung der anderen Hypothese dem Schüler nicht nur physikalisch, sondern auch logisch bildenden Ertrag bringen.

Dem chemischen Unterricht wurde das halbe zweite Semester der VII. Klasse zugewiesen, damit er sich auf die bis dahin gewonnenen aeromechanischen und aerothermischen Grundlagen der physikalischen Chemie nunmehr wirklich stützen könne und die von der Unterstufe verbliebene Lücke ausgefüllt werde durch eine eigentliche Einsicht in das Wesen der chemischen Formelsprache. Bei richtiger Ausnützung eines ganzen Semesters Chemie auf der Unterstufe und eines halben auf der Oberstufe wird sich der auch dem Gymnasium nötigen Einsicht in die chemischen Grundtatsachen vollauf Rechnung tragen lassen.

Im Unterricht der VIII. Klasse Wellenlehre, Akustik und Optik in ununterbrochener zeitlicher Abfolge und so das erste Semester ausfüllend zu behandeln, wird sich nicht nur wegen der physikalischen Zusammengehörigkeit dieser Lehren empfehlen, sondern auch wegen des neben Akustik und Optik einhergehenden psychologischen Unterrichts der Gehörs- und Gesichtsempfindungen. (Einzelne optische Versuche werden, soweit sie nicht ohnedies zum Teil sogar besser mit elektrischem Licht ausgeführt worden waren, sich im Sommer mit Sonnenlicht anläßlich der Wiederholung nachtragen lassen.)

Auch die Astronomie, die in der VII. Klasse anläßlich der Planetenbewegungen und des Gravitationsgesetzes sich auf die Beschreibung der himmlischen Bewegungen und dann auf die Dynamik der kosmischen Massen beschränkte (entsprechend der Entwicklung bis Newton), wird nun während des 1. Semesters der VIII. Klasse im Anschluß namentlich an die Spektralanalyse durch einige Mitteilungen aus der modernen physischen Astronomie zu ergänzen, übrigens der Schüler wie bisher das ganze Jahr hindurch auf jeweilig astronomisch Bemerkenswertes hinzuweisen sein.

Die Elektrik und Magnetik des Sommersemesters gibt dann ungezwungenen Anlaß zu einer immanenten Wiederholung fast aller grundlegenden Lehren des bisher durchgenommenen Lehrstoffes, so daß der der Hochschule entgegenreifende Schüler die ihm auferlegte Pflicht des „Wiederholens“ nicht mehr als etwas Äußerliches empfindet, sondern als eine in der Natur des Gegenstandes selbst liegende Vorbedingung für ein gründliches Verständnis des modernsten und in raschester Entwicklung begriffenen Zweiges unseres gesamten physikalischen Wissens. So behandelt, bildet dann das ein Semester hindurch fortgesetzte

Zusammenarbeiten von Lehrer und Schüler in diesem auf den früheren Abschnitten sich aufbauenden ausgewählten Abschnitt der Physik einen mehr als vollwertigen Ersatz der früheren mündlichen Maturitätsprüfung aus Physik. Die Reife des Schülers für physikalisches Denken und verständiges Beachten der schon in der Tagesliteratur immer neu zur Sprache kommenden Fortschritte der wissenschaftlichen und technischen Physik auch seitens gebildeter Nichtphysiker wird viel besser durch einen freien wissenschaftlichen Verkehr des Abiturienten mit seinem Lehrer angesichts eines neu hinzukommenden Abschnitts der Physik durch das ganze letzte Mittelschulsemester hindurch erprobt als durch das schülermäßige tägliche Abfragen „aufgegebener Wiederholungen" und durch die Schauprüfung am Ende der ganzen Mittelschule.

Die beiden parallelen Versuchsreihen zur Ermittelung fundamentaler Sätze der Mechanik.

Von

Professor Dr. **Emil Schulze** in Berlin.

Kräfte rufen entweder Spannungen oder Beschleunigungen hervor. Merkwürdigerweise werden zur experimentellen Ermittelung fundamentaler Sätze der Mechanik wie des Kräfteparallelogrammsatzes, des Kosinussatzes, des Drehmomentensatzes stets nur die von den Kräften erzeugten Spannungen herangezogen, die ebenso wichtigen Beschleunigungen dagegen einfach übergangen. Welcher Grund dafür maßgebend ist, ist unverständlich. Die Schwierigkeit der Experimente kann der Grund nicht sein. Um das deutlich zu machen, will ich im folgenden mich bemühen, die Versuche mit so einfachen Mitteln ausführbar anzugeben, daß sie sich sämtlich zu Schülerübungen eignen sollen. Da beide Ermittelungsarten gleichberechtigt sind, soll die experimentelle Ableitung der Sätze in zwei parallelen Versuchsreihen geboten werden.

I. Das Kräfteparallelogramm.

a) Die Kräfte erzeugen Spannungen.

In der üblichen Versuchsanordnung werden die Spannungen in drei in einem Punkte verknüpften Fäden hervorgebracht. Ich habe in dieser Zeitschrift (Jahrgang 1906) vorgeschlagen, statt dessen die Spannungen in zwei Kautschukfäden AB und AC durch eine in A angreifende Kraft zu erzeugen. Dadurch wird erreicht erstens, daß die Spannungen allen Schülern deutlich sichtbar auftreten, zweitens, daß der Kräfteparallelogrammsatz durch den Versuch entdeckt wird, während der übliche Versuch nur zu seiner Bestätigung dient. Statt der Kautschukfäden benutze ich jetzt (Fig. 1) die im vorigen Jahrgange von Maey beschriebenen Spiralen, weil sie die Größe der in den Spiralen durch die Kräfte bewirkten Spannungen sofort abzulesen gestatten.

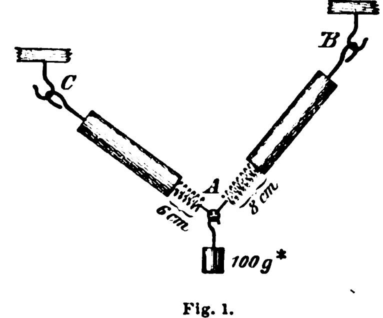


Fig. 1.

b) Die Kräfte erzeugen Beschleunigungen.

Die Versuchsanordnung ist von selbst gegeben. Die Masse m, die sich in A befindet (Fig. 2), werde auf glatter, horizontaler Fläche mit möglichst geringer Reibung von der Kraft k_1 in der Richtung AM, von der Kraft k_2 in der Richtung AN gezogen. Die Kräfte k_1 und k_2 seien Gewichte; zwei an der Masse m befestigste Fäden werden über die Rollen M und N geführt, und an ihre Enden werden die Gewichte



gehängt. Die zu überwindende Schwierigkeit besteht darin, daß die Kräfte k_1 und k_2 während der Bewegung der Masse m ihre Richtung nicht oder wenigstens nur unerheblich ändern dürfen. Das wird dadurch erreicht, daß man die Rollen möglichst weit von A, etwa in einer Entfernung von 3 Metern, anbringt. Beispielsweise werde an dem einen Ende des Experimentiertisches die Masse m, am andern die Rolle M mit dem Gewichte $k_1 = 20$ g* und unter einem rechten Winkel zu AM die Rolle N mit dem Gewichte $k_2 = 15$ g* aufgestellt. Das erste Gewicht befinde sich $s_1 = 20$ cm über der Platte PQ, das zweite $s_2 = 15$ cm über der Platte RS. Läßt man k_1 allein auf m wirken, so legt m den Weg $AB = s_1$ zurück, läßt man k_2 allein wirken, so

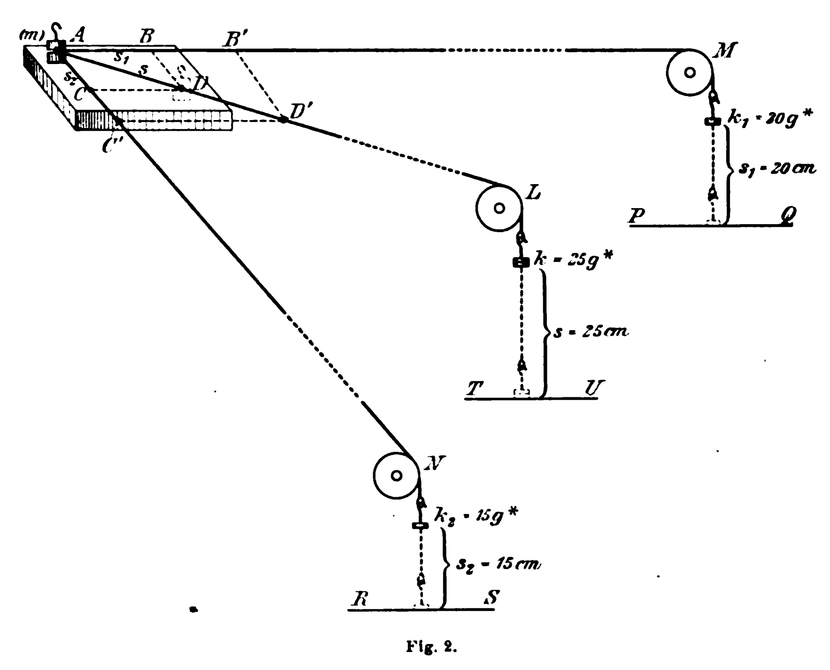


Fig. 2.

legt m den Weg $AC = s_2$ zurück; läßt man beide Kräfte zugleich wirken, so legt m den Diagonalweg $AD = s = 25$ cm zurück. Damit ist das Wegeparallelogramm durch den Versuch hervorgebracht.

Es fehlt noch der Nachweis, daß Einzelwege und Diagonalweg in derselben Zeit zurückgelegt werden; dieser Nachweis bereitet einige Schwierigkeiten.

Bisher mußte gleitende Bewegung gewählt werden, denn würde man als fortzubewegende Masse etwa ein Wägelchen genommen haben, so hätte das zwar den Vorteil gehabt, daß man die geringe Reibung ganz unberücksichtigt hätte lassen können, aber den Übelstand, daß der Wagen den Diagonalweg nur dann eingeschlagen hätte, wenn seine Räder vor Beginn der Bewegung in diese Richtung eingestellt worden wären. Auch bei gleitender Bewegung kann man die Reibung so gering machen, daß man sich um sie nicht zu kümmern braucht, wenn man nämlich die Masse m sehr klein wählt. Das ist bei dem ersten Versuche geschehen. Jetzt aber, wo eine meßbare Zeit, etwa 1 Sekunde, zur Zurücklegung der Wege vergehen soll, muß die Masse m ziemlich groß genommen werden, dann aber würde sich namentlich bei Beginn der gleitenden Bewegung die Reibung in unliebsamer Weise geltend machen. Nachdem jedoch durch den ersten Versuch die Richtung des Diagonalweges festgestellt ist, steht nichts im Wege, jetzt als zu bewegende Masse ein Wägelchen zu nehmen und es so zu belasten, daß die Einzelwege $AB = 20$ cm, $AC = 15$ cm unter Einwirkung der Kräfte $k_1 = 20$ g* bzw. $k_2 = 15$ g* genau in einer Sekunde zurückgelegt werden. Dann zeigt der Versuch, daß durch Zusammenwirken beider

Kräfte der Diagonalweg $AD = 25$ cm ebenfalls in 1 Sekunde durchlaufen wird. Stellt man ein Metronom auf, das z. B. in der Sekunde 3 Schläge macht, so wird der dritte Metronomschlag, das Aufschlagen der Gewichte auf die Platten PQ und RS sowie der Masse m an eine Barriere, die sie an weiterer Fortbewegung hindert, gleichzeitig gehört.

Da die Beschleunigung durch den doppelten Weg der ersten Sekunde dargestellt wird, so ist das Parallelogramm $AB'C'D'$, in dem AB' und AC' doppelt so lang wie AB und AC sind, das Beschleunigungsparallelogramm.

Wenn es sich endlich um Aufstellung des Kräfteparallelogramms handelt, so wird man der Vollständigkeit halber noch durch einen Versuch feststellen, daß der Weg AD durch eine in der Richtung des Weges wirkende Kraft $k = 25$ g* ebenfalls in 1 Sekunde zurückgelegt wird; das Parallelogramm $ABCD$ kann also auch das Kräfteparallelogramm darstellen.

Schließlich sei bemerkt, daß man später bei Durchnahme des Energiegesetzes auf diesen Versuch als ein vortreffliches Beispiel zur Erläuterung des Gesetzes noch einmal zurückgreifen kann. Die Kraft $k = 25$ g* leistet während der Sekunde, in der sie die Masse m von A nach D bringt, die Arbeit $A = 25 . 25 = 625$ Grammzentimeter. Diese Arbeit ist zur Hervorbringung von Bewegungsenergie verwendet worden. Setzen andererseits die beiden Kräfte $k_1 = 20$ g* und $k_2 = 15$ g* die Masse m gleichzeitig in Bewegung, so leisten sie die Arbeiten $A_1 = 20 . 20$ und $A_2 = 15 . 15$ Grammzentimeter, deren Summe ebenfalls 625 Grammzentimeter beträgt; infolgedessen ist auch die erzeugte Bewegungsenergie dieselbe wie vorhin.

II. Die zwangläufige Bewegung. Der Kosinussatz.

Fast alle Bewegungen gehen auf gezwungener Bahn vor sich, wie Grimsehl in dieser Zeitschrift (Jahrgang 1904) hervorgehoben hat. Wenn dem so ist, so gebührt ihrer Behandlung eine größere Beachtung, als es bisher geschieht. Die beiden wichtigsten zwangläufigen Bewegungen sind die geradlinigen und die kreisförmigen.

a) Die Kräfte erzeugen Spannungen.

1. Die zwangläufige Bewegung sei geradlinig. Statt des von Grimsehl beschriebenen Apparates bediene ich mich einer Vorrichtung, die sich im wesentlichen schon in meinem Aufsatze „Die Spannungen im festen Körper" (ds. Zeitschr., Jahrgang 1906) angegeben findet, und der für vorliegenden Zweck folgende Form gegeben ist: An einen kleinen Messingring (Fig. 3) sind drei Seidenfäden geknüpft, zwei sind über die Rollen R und S geführt, die an einem hölzernen Rahmengestell angeschraubt sind, der dritte Faden ist an der Nadel PQ, die auf den Rollen P und Q des Gestells rollt, befestigt. Hängt man an die Enden der beiden ersten Fäden Gewichte k und k_1, so bewegt sich der Ring geradlinig, und bald stellt sich von selbst Gleichgewicht ein. Die Schüler beobachten, daß der Faden A_1T stets senkrecht zur Nadel PQ sich befindet, wie man auch die Kräfte k und k_1 in Größe und Richtung abändern möge; noch deutlicher tritt das hervor, wenn man das Gestell um die Kante VW dreht. Die Nadel rollt hierbei nicht herunter, sondern wird durch die Druckkomponenten der Kräfte k und k_1 an die Rollen P und Q gepreßt. In Fig. 3 ist die Rolle R so an das Gestell geschraubt, daß $k = 60$ g* parallel zur Nadel einen Zug ausübt. Wählt man als Gegenkraft $k_1 = 100$ g*, so ist ihre Zugkomponente $k_1 . \cos \alpha_1$; da der Wert von $\cos \alpha_1 = \frac{A_1 U}{A_1 S}$ durch den Versuch schnell bestimmt werden kann, so ist die Richtigkeit der Gleichung $k_1 . \cos \alpha_1 = k$ durch den Versuch leicht nachweisbar. Den Wert der Druckkomponente $k_1 \sin \alpha_1 = 80$ g* kann man die Schüler ablesen lassen, wenn man den Faden A_1T durch eine Maeysche Spirale ersetzt; die Druckkomponente

zieht aus ihr 80 mm heraus, vorausgesetzt natürlich, daß die Rolle R so eingestellt worden ist, daß für den Fall des Gleichgewichts $A_1 R$ parallel zur Nadel ist.

Legt man zu dem Gewicht von 100 g* noch 20 g* zu, bzw. nimmt 20 g* weg, so bewegt sich der Ring zwangläufig in gerader Linie, von A_1 nach A_2 bzw. nach A_3.

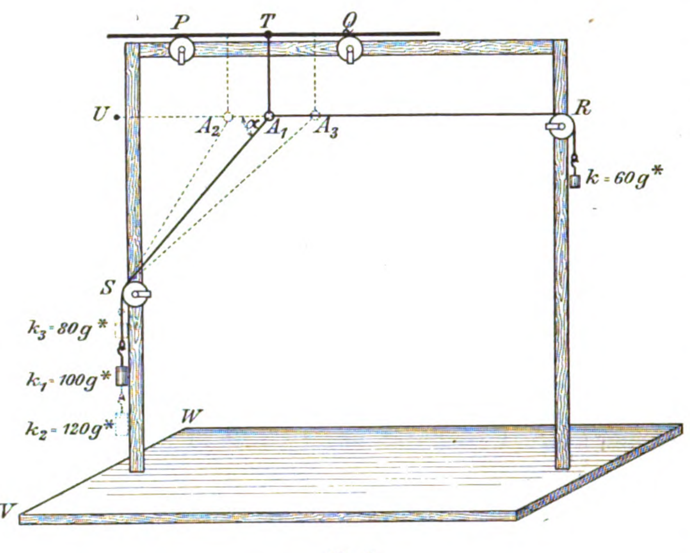


Fig. 3.

Als Bedingung der Gleichwertigkeit der Kräfte k_1, k_2, k_3 ergibt sich die Gleichung $k_1 \cos \alpha_1 = k_2 \cos \alpha_2 = k_3 \cos \alpha_3$. Hiermit ist der Kosinussatz der Mechanik für den Fall, daß die Kräfte Spannungen hervorrufen, erläutert.

Die beschriebene Vorrichtung scheint mir gewisse Vorzüge vor dem Grimsehlschen Apparat zu haben, vor allem den, daß sie nichts kostet, wenigstens dann nicht, wenn ein Rahmengestell in der Sammlung vorhanden ist, was wohl meist der Fall sein dürfte. Weitere Vorzüge sind, daß durch den Versuch nachgewiesen werden konnte, daß die Widerstandskraft der Nadel senkrecht zu ihr wirkte, und daß ihre Größe sich direkt ablesen ließ. Endlich gestattet eine geringe Abänderung des Versuchs, das Gesetz der schiefen Ebene als leichte Folgerung aus dem Kosinussatz zu ermitteln (hierüber weiter unten, Fig. 7).

2. *Die zwangläufige Bewegung sei kreisförmig.* An einen kleinen Messingring A (Fig. 4) sind drei Seidenfäden geknüpft, zwei Fäden sind über die Rollen R und S_1 geführt, der dritte ist an der Achse M befestigt. Hängt man an die Enden der beiden ersten Fäden Gewichte k und k_1, so bewegt sich A kreisförmig, und bald stellt sich von selbst Gleichgewicht ein. In Fig. 4 ist die Rolle R so angeschraubt, daß für den Fall des Gleichgewichts A sich vertikal über M befindet und $A R$ eine horizontale Lage hat; k ist $= 60$ g*, $k_1 = 100$ g* gewählt. Auf einem weißen Blatt Papier, das sich hinter dem Fadensystem befindet, stelle man die Kraft $k = 60$ g* durch die Gerade $A B = 60$ mm, die Kraft $k_1 = 100$ g* durch die Linie $A C_1 = 100$ mm dar, so bedeutet die Projektion $A D$ die Zugkomponente $k_1 \cos \alpha_1$, die der Kraft k gleich und entgegengesetzt gerichtet ist; ihre Messung ergibt die Länge von 60 mm.

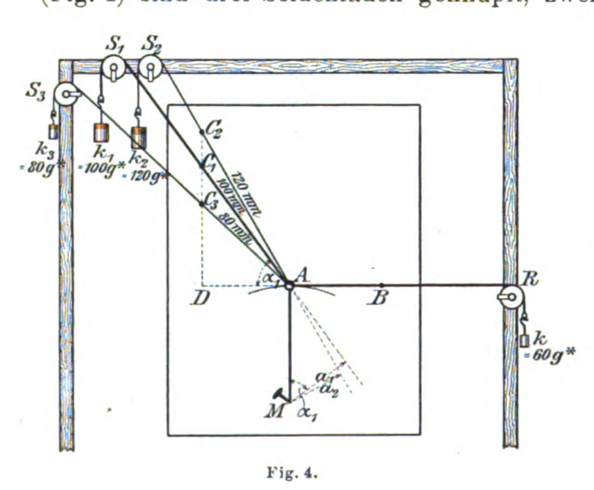


Fig. 4.

Legt man jetzt zu dem Gewicht von 100 g* noch 20 g* zu, bzw. nimmt 20 g* weg, so macht A eine zwangläufige Drehbewegung, im ersten Augenblick in horizontaler Richtung. Um A wieder in seine erste Lage, vertikal über M, zurückzubringen, muß die Rolle S_1 verschoben werden, von S_1 nach S_2 bzw. S_3. Mißt man die Strecken

$A C_2$ und $A C_3$, so werden sie genau gleich 120 mm und 80 mm gefunden, stellen also die Kräfte $k_2 = 120\,g^*$ und $k_3 = 80\,g^*$ dar. Um auch äußerlich sichtbar zu machen, daß die drei Kräfte k_1, k_2, k_3 dieselbe Spannung im Faden $A R$ hervorrufen, kann man eine Maeysche Spirale einschieben, aus der jede der drei Kräfte 60 mm herauszieht. Die Versuche haben hiernach als Bedingung für die Gleichwertigkeit der Kräfte k_1, k_2, k_3 ergeben, daß die Gleichungen $k_1 . \cos \alpha_1 = k_2 . \cos \alpha_2 = k_3 . \cos \alpha_3$ erfüllt sein müssen.

Eine wichtige zwangläufige Kreisbewegung, die des Fadenpendels, sei kurz erwähnt. Zur Erläuterung läßt sich der Versuch Fig. 1 heranziehen; der Faden des Fadenpendels ist hier durch die Maeysche Spirale $A B$ ersetzt. Die radiale Komponente der Schwerkraft ruft in $A B$ die Spannung hervor, während die tangentiale Komponente, deren Wert die andere Maeysche Spirale angibt, die Beschleunigung bewirkt.

b) Die Kräfte erzeugen Beschleunigungen.

1. *Die zwangläufige Bewegung sei geradlinig.* In den Versuchen Fig. 3 wurde zwar die geradlinige Bewegung des kleinen Messingrings beobachtet, aber nur der Gleichgewichtszustand wurde untersucht. Jetzt werde die Gegenkraft k beseitigt und der Bewegungszustand der Masse m unter Einwirkung einer der Kräfte k_1, k_2, k_3 der Untersuchung unterzogen. Durch das Experiment werde festgestellt, daß auch jetzt der Kosinussatz seine Gültigkeit behält.

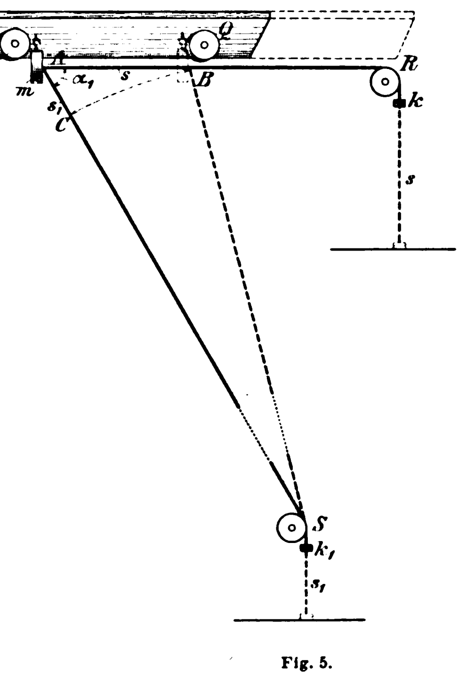


Fig. 5.

Auf die Rollen P und Q des Rahmengestells werde statt der für den folgenden Versuch allzu biegsamen Nadel ein langes Holzlineal gelegt und in dessen Mitte die Masse m angehängt (Fig. 5). Die rollende Reibung ist so gering, daß das Gestell nur unmerklich schräg gestellt zu werden braucht, um das Lineal beim geringsten Anstoß zum Rollen zu bringen. Jetzt werde ein Seidenfaden an die Masse m geknüpft und in horizontaler Richtung über die Rolle R geführt; an seinem Ende hänge das Gewicht k. Dessen Größe sei so gewählt, daß es die Masse m genau in einer Sekunde, nach 3 Metronomschlägen, von der einen Rolle zur andern, von A nach B bringt, wo $A B = s$ etwa 20 cm betrage.

Hierauf werde der Faden durch einen 2 bis 3 m langen Faden ersetzt und dieser über die Rolle S geführt; $\measuredangle R A S = \alpha_1$ betrage z. B. 60°. Dann lehrt der Versuch, daß das Gewicht k_1, das am Ende des Fadens hängt, gemäß der Gleichung $k_1 . \cos \alpha_1 = k$, gleich $2\,k$ gewählt werden muß, um die Masse m ebenfalls in einer Sekunde von A nach B zu bringen. Der Grund, weshalb der Faden $A S$ möglichst lang sein muß, ist derselbe wie der bei Behandlung des Kräfteparallelogramms angegebene: die auf die Masse m wirkende Kraft k_1 soll während der Bewegung der Masse nicht nur ihre Größe, sondern auch möglichst ihre Richtung beibehalten. Diese Bedingung hat den Nachteil im Gefolge, daß man die Rolle S sehr tief, nicht weit vom Fußboden, das Rahmengestell sehr hoch aufstellen muß, wodurch das Experimentieren erschwert wird. Trotzdem gelingt der Versuch recht gut; das An-

schlagen der Masse m an die Rolle Q wird genau nach 3 Metronomschlägen gehört, die Kräfte k und k_1 sind also in bezug auf die zwangläufige Bewegung gleichwertig.

Auch diesen Versuch könnte man später bei Behandlung des Energiegesetzes als Beispiel heranziehen. Der Versuch hat gezeigt, daß durch die Arbeit des Gewichts k_1 derselbe Bewegungszustand erzeugt worden ist wie durch die Arbeit des Gewichts k, es muß also $k \cdot s = k_1 \cdot s_1$ sein. Dies ist in der Tat der Fall, denn da die Fadenlänge (Fig. 5) gleich $AC + CS$ bzw. gleich $BS + s_1$, also AC oder $s \cdot \cos \alpha_1$ gleich s_1 ist, so folgt: $k_1 \cdot s_1 = k_1 \cdot s \cdot \cos \alpha_1 = k \cdot s$. In unserm Beispiele, wo $s = 20$ cm, $k_1 = 2k$ gewählt ist, ergibt Rechnung und Messung für s_1 den Wert $s_1 = 10$ cm.

2. *Die zwangläufige Bewegung sei kreisförmig.* Wie bei der zwangläufigen geradlinigen Bewegung die Untersuchung des Gleichgewichtszustandes (Fig. 3) nicht genügte, sondern die des Bewegungszustandes (Fig. 5) folgte, so auch hier bei der zwangläufigen Kreisbewegung. Die Gegenkraft k (Fig. 4) werde beseitigt, und nur die Kraft k_1 wirke, die jetzt mit dem Buchstaben k bezeichnet werden möge. Damit letztere Kraft nicht nur der Größe, sondern auch annähernd der Richtung nach konstant sei, werde die Rolle S einige Meter von der Masse m entfernt angebracht. Ein Seidenfaden werde an die Masse m geknüpft und über die Rolle geführt; das an seinem Ende hängende Gewicht k bewirkt ein Hin- und Herpendeln der Masse m.

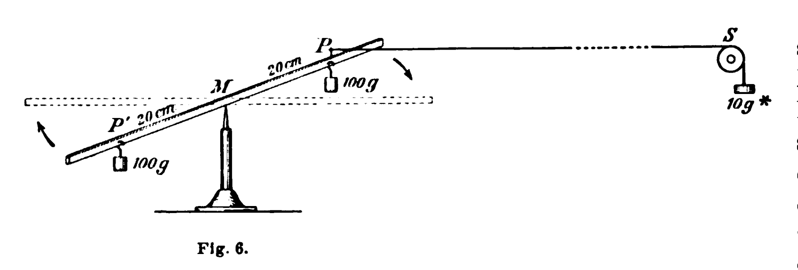


Fig. 6.

In Fig. 6 ist ein 8 g schweres, 60 cm langes Holzstäbchen mit seiner Mitte auf die Stahlspitze M gesetzt, so daß es sich auf ihr leicht dreht. Im Abstande $r =$ 20 cm sind am Stäbchen zwei Massen von je 100 g angebracht, und an der einen Masse ist der Faden, der über die Rolle S führt, befestigt. Hat man das am Faden hängende Gewicht gleich 10 g* gewählt, so ergibt der Versuch für die Schwingungsdauer 2 Sekunden. Die Schüler beobachten, daß die auf und nieder gehende Bewegung des Gewichts das Pendeln hervorruft; bei der Abwärtsbewegung leistet es positive, bei der Aufwärtsbewegung negative Arbeit.

Es empfiehlt sich, die eben beschriebene Pendelbewegung vor Inangriffnahme des Fadenpendelproblems zu behandeln und in üblicher Weise die Pendelformel abzuleiten, die hier die Form annimmt: $T = \pi \cdot \sqrt{\frac{r \cdot m}{k}}$. Für das Fadenpendel ist $k = mg$, so daß die gefundene Formel die des Fadenpendels als speziellen Fall enthält. MACH hat, um zu zeigen, daß die Pendelformel auch für eine andere Beschleunigung als die Erdbeschleunigung richtig bleibt, den bekannten Apparat konstruiert, bei dem das Pendel nicht in vertikaler Ebene schwingt. Nach meiner Meinung ist die Vorrichtung Fig. 6 hierzu geeigneter, denn sie gestattet es, die Formel in bezug auf ihre Richtigkeit durch Abänderung der Größen r, m, k zu prüfen. Beispielsweise bleibt die Schwingungsdauer unverändert, wenn Masse und Kraft oder Radius und Kraft verdoppelt werden.

III. Die schiefe Ebene.

Die wichtigste zwangläufige Bewegung auf ebener Bahn ist die auf schiefer Ebene.

a) Die Last in Ruhe.

In Fig. 7a ist zur Darstellung gebracht, wie die an der Nadel PQ hängende Last $L = 100$ g* aus einer MAEYschen Spirale 6 cm herausgezogen hat. Noch ein-

dringender ist der Versuch Fig. 7b, wo die Last $L = 100\,g^*$ aus der einen Maey-schen Spirale 8 cm, aus der andern 6 cm herausgezogen hat, so daß sowohl der Wert der Druckkomponente als der Bewegungskomponente direkt abgelesen werden kann.

b) Die Last in Bewegung.

Die Formel, die in erster Linie einer Bestätigung durch den Versuch bedarf, ist $s = \frac{1}{2} g t^2 . \sin \varphi$, doch ist die Ausführung des Versuchs bekanntlich schwierig, weil bei gleitender Bewegung die Reibung störend wirkt und bei rollender ein Teil der Energie zur Hervorbringung des Rollens verwendet wird. Immerhin dürfte folgender Versuch nicht überflüssig sein: Man läßt eine

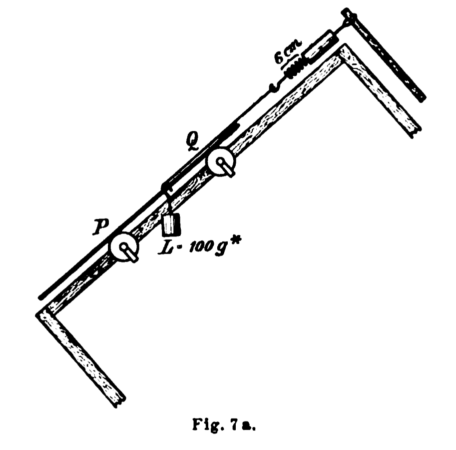


Fig. 7a.

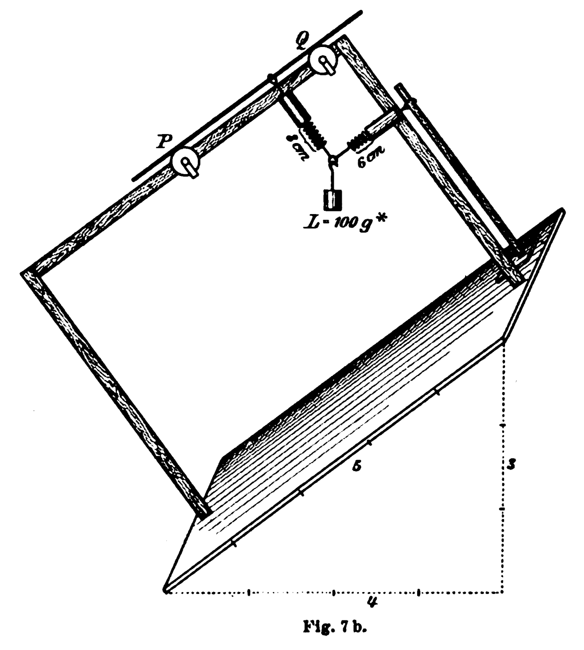


Fig. 7b.

Stahlkugel durch ein 2 m langes Glasrohr (bzw. in einer 2 m langen Rinne) rollen und gleich nach Verlassen des Glasrohrs von einem eisernen Gefäß auffangen; beispielsweise schlug bei Höhen von 10, 16, 28, 64 cm die Kugel nach 10, 8, 6, 4 Metronomschlägen (3 Schläge in 1 Sekunde) an das Gefäß. Berechnet man die Höhen aus obiger Formel, so findet man ihre Werte gleich $\frac{5}{7}$ der durch den Versuch erhaltenen Werte, wofür an späterer Stelle eine Erklärung zu geben ist.

Wichtiger als dieser Versuch ist die experimentelle Bestätigung des aus der Formel $v^2 = 2 g h$ sich ergebenden Satzes, daß die Geschwindigkeiten der unten ankommenden Körper gleich groß sind, sobald sie von gleicher Höhe herabkommen. Die Fig. 8 veranschaulicht einen Versuch, bei dem Stahlkugeln auf einem 50 cm langen

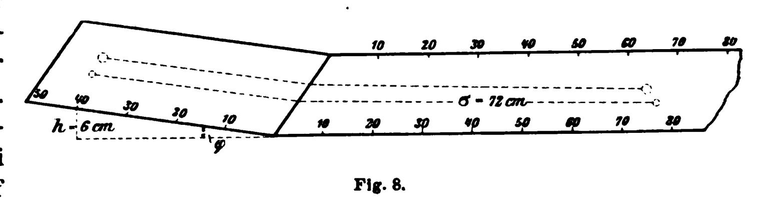


Fig. 8.

Streifen aus blankem Eisenblech aus einer Höhe von 6 cm in schwacher Neigung heruntergerollt, nach Verlassen des Blechs auf einem Streifen aus dickem, rauhem Friestuch weiter gerollt und endlich durch die Reibung auf dem Friestuch zur Ruhe gekommen sind. Der Versuch zeigte, daß die Kugeln, kleine und große, fast genau gleich weit, im Durchschnitt 72 cm weit gerollt waren, mochte die Länge der schiefen Ebene 30 cm oder 40 cm oder 50 cm gewählt sein. Die Neigung des Eisenblechs gegen den Horizont darf nur schwach sein, denn die Kugeln beginnen ihre Bewegung auf dem Friestuch nicht mit der Geschwindigkeit v, sondern nur mit

der Komponente $v \cdot \cos\varphi_1$ bzw. $v \cdot \cos\varphi_2$ bzw. $v \cos\varphi_3$, doch unterscheiden sich diese Komponenten bei schwacher Neigung wenig voneinander. Biegt man das Eisenblech etwas und läßt die Kugeln aus einer Höhe von 6 cm herunter rollen, so legen sie auch jetzt einen Weg von 72 cm auf dem Friestuch zurück, der oben angeführte Satz bleibt also auch bei gebogenem Eisenblech gültig.

Die letzten Versuche lassen sich vortrefflich dazu verwenden, die Umwandlung von Arbeit in lebendige Kraft und umgekehrt zu zeigen. Wird die Kugel von der Masse m h cm hoch auf die schiefe Ebene gehoben, so ist die geleistete Arbeit $mg \cdot h$, diese verwandelt sich in lebendige Kraft und diese annähernd in die Arbeit $f \cdot mg \cdot \sigma$, wo f der Reibungskoeffizient von rollender Kugel und Friestuch ist. Bei schwacher Neigung des Eisenblechs gilt also annähernd die Formel $h = f \cdot \sigma$, d. h. die Höhe der schiefen Ebene und der Weg σ der Kugel auf dem Friestuch sind annähernd proportional; in der Tat ergaben die Versuche bei einer Höhe von 6 cm einen Weg von 72 cm und bei einer Höhe von 12 cm einen Weg von 137 cm.

Die Vorrichtung hat mit der Maeyschen Arbeitsschiene (ds. Zeitschr., Jahrgang 1908) insofern Ähnlichkeit, als auch bei ihr lebendige Kraft durch Reibungswiderstand vernichtet wird. Sie hat vor ihr den Vorzug einmal, daß sie wenig kostet, sodann daß alle Schüler von ihren Plätzen aus bequem beobachten können, wie weit die Kugeln rollen. Nicht zeigen kann man, daß die Wucht beim Verlassen des Blechs proportional der Masse ist, denn die großen Stahlkugeln rollen bei gleicher Höhe der schiefen Ebene ebenso weit wie die kleinen. Einigermaßen läßt sich die Abhängigkeit der Wucht von der Masse zur Anschauung bringen, wenn man ein leichtes, rechteckiges Pappschächtelchen auf das Friestuch an der Trennungskante von Eisenblech und Friestuch aufstellt und es durch die heruntergerollte Kugel vorwärts schieben läßt; der Versuch zeigt, daß die größere Kugel das Schächtelchen weiter schiebt als die kleinere. Der Versuch befriedigt insofern nicht, als beim Zusammenstoß zuviel lebendige Kraft verloren geht, wodurch eine Kontrolle der Versuchsresultate durch eine Formel unmöglich wird.

Ich möchte die Gelegenheit ergreifen, hier hervorzuheben, daß mittels meines Pendelapparats (ds. Zeitschr., Jahrgang 1908) wohl am einleuchtendsten der experimentelle Beweis erbracht wird, daß die Wucht nicht etwa proportional der Geschwindigkeit, sondern proportional dem Quadrate der Geschwindigkeit ist. Die vier Massen m_1, m_2, m_3, m_4 (Fig. 9), die bei der Abwärtsbewegung ein physisches Pendel bilden, bei der Aufwärtsbewegung frei werden, haben im tiefsten Punkte Geschwindigkeiten, die sich wie 1:2:3:4 verhalten, während ihre Steighöhen, wie der Versuch lehrt, im Verhältnis 1:4:9:16 stehen. Der im Jahrgang 1908 beschriebene Apparat besteht aus 7 Kugeln; da deren Wucht im tiefsten Punkte sehr groß ist, muß der Apparat sehr standhaft gebaut sein. Die Firma Ernecke (Berlin-Tempelhof) will auch aus 4 Kugeln einen kleineren, weniger kräftigen Apparat herstellen und ihn zu etwas billigerem Preise liefern.

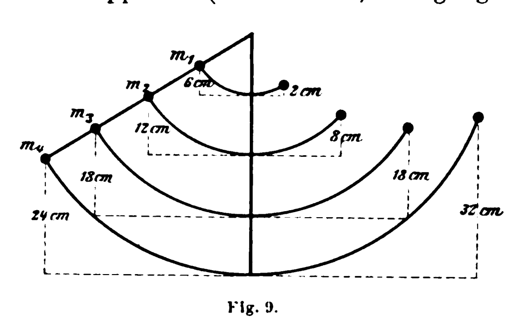


Fig. 9.

IV. Der Drehmomentensatz.

a) Die Kräfte erzeugen Spannungen.

Spannungen sind bisher nur in Fäden erzeugt worden. Wenn wir jetzt zur Ableitung des Drehmomentensatzes uns wenden und damit von der Dynamik des materiellen Punktes zu der des festen Körpers übergehen, so stellt es sich unbedingt

als notwendig heraus, auf die Spannungen im festen Körper selbst und die Kraftübertragung von Teilchen zu Teilchen einzugehen. Das geschieht in den Lehrbüchern nur selten, obwohl in dieser Zeitschrift wiederholt für eine derartige Behandlung eingetreten ist. Meist begnügt man sich bei Ableitung des Drehmomentensatzes mit einer Zeichnung an der Wandtafel: die in einer Ebene liegenden Kräfte k und k_1 werden nach ihrem Schnittpunkt A verlegt, das Kräfteparallelogramm wird gezeichnet und von einem Punkte M der Diagonale bzw. deren Verlängerung werden die Lote a und a_1 gefällt, worauf der mathematische Beweis geführt wird, daß für den Fall des Gleichgewichts $k \cdot a = k_1 \cdot a_1$ ist. Hinterher wird dann eine experimentelle Bestätigung dieser Formel, etwa mittels der Hartlschen Drehscheibe, geboten.

Sehen wir vorläufig davon ab, daß die Spannungen in dem festen Körper hierbei ganz unberücksichtigt bleiben, so gefällt mir nicht, daß das Experiment erst zur Bestätigung des theoretisch gefundenen Resultats herangezogen wird. Es läßt sich sehr leicht einrichten, daß eine Zeichnung, wie sie eben beschrieben ist, durch das Experiment selbst vor den Augen der Schüler hervorgebracht wird.

In einem Stück Papier sind in M und M' Fäden befestigt (Fig. 10); an dem einen Ende hängt ein Gewicht $K = 80$ g*, der andere Faden ist nach oben über eine Rolle geführt, und an seinem Ende hängt ebenfalls ein Gewicht $K' = 80$ g*. Das Papier befindet sich unter der Einwirkung beider Kräfte im Gleichgewicht; sein Eigengewicht ist so gering, daß es durch die an der Rolle stattfindende Reibung aufgehoben wird. Durch eine Verlegung der Kraft K' von M' nach A wird das Gleichgewicht nicht gestört, ebensowenig wenn K' durch die Komponenten $k = 60$ g* und $k_1 = 100$ g* ersetzt wird, und wenn deren Angriffspunkte von A nach N bzw. P verlegt werden. Wir haben hier ein erstes Beispiel, wo drei Kräfte K, k, k_1 einen Körper im Gleichgewicht halten. Bedingung des Gleichgewichts ist: die Kräfte schneiden sich, nach entgegengesetzten Richtungen verlängert, in einem Punkte, und die Resultante zweier dieser Kräfte ist gleich und entgegengesetzt gerichtet der dritten Kraft. Vergrößern wir die Kraft K, die kleiner als $k + k_1$ ist, durch Zulegen von Gewichten, so rückt der Schnittpunkt immer weiter fort, und machen wir schließlich $K = k + k_1$, so nehmen die Kräfte parallele Richtung an; zur Anstellung des letzten Versuchs ersetzt man das biegsame Papier durch ein Stückchen steifer Pappe.

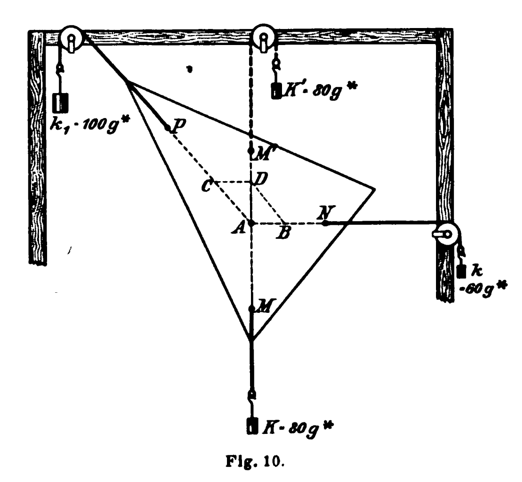


Fig. 10.

Da das Papier unter Einwirkung der drei Kräfte K, k, k_1 stark gespannt ist, so bietet diese Beobachtung einen passenden Anknüpfungspunkt, die Spannungen im festen Körper zu erörtern. Die Papierteilchen verhalten sich den äußeren Kräften gegenüber nicht passiv, sondern der durch eine äußere Kraft ausgeübte Zug pflanzt sich von Teilchen zu Teilchen fort, die Teilchen verschieben sich, und es bilden sich innere Spannkräfte aus, die im Falle des Gleichgewichts für jedes Teilchen die Resultante Null haben. Das wird den Schülern einleuchten, und doch dürfte es sich empfehlen, Versuche vorauszuschicken, die die Richtigkeit des Gesagten veranschaulichen. In meinem Aufsatze „Die Spannungen im festen Körper" (ds. Zeitschr., Jahrgang 1906) habe ich das genauer ausgeführt. Hier nur soviel, daß Fadensysteme, wie sie dort beschrieben sind, sich ohne die geringsten Kosten mit leichter Mühe herstellen lassen; beispielsweise ist $ABCDEF$ (Fig. 11), wenn die drei äußeren

Kräfte nicht wirken, ein Gummiring, wie er zum Zusammenhalten kleiner Pakete in den Geschäften benutzt wird; ein kurzer Gummifaden, aus eben solchem Ringe geschnitten, ist von D über B nach F geführt. Läßt man in den drei Punkten A, C, E äußere Kräfte angreifen, so verschieben sich die Fadenteilchen so lange gegeneinander, bis die inneren Spannkräfte in jedem Punkte die Resultante Null haben; in D und F treten drei, in B vier solcher inneren Spannkräfte auf, und das Fadensystem nimmt die Form Fig. 11 an.

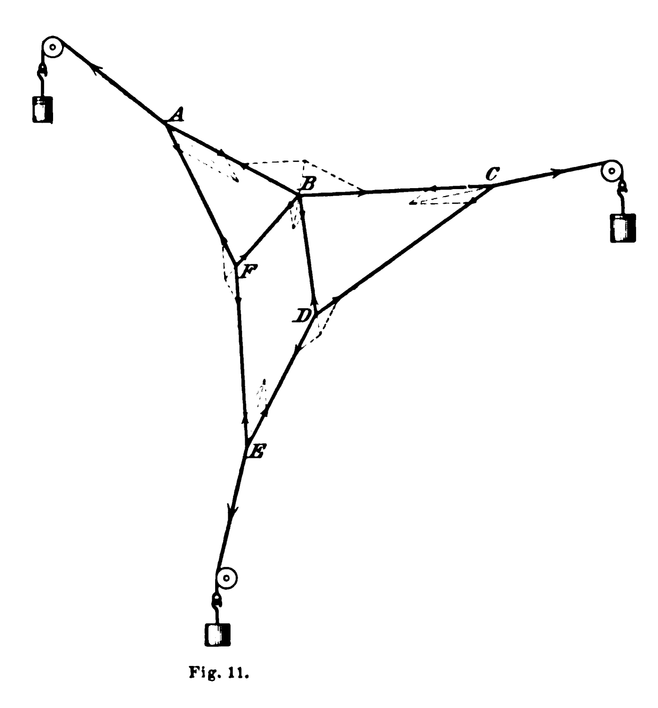


Fig. 11.

Die in M angreifende Kraft K (Fig. 10) ersetzen wir jetzt durch den Widerstand eines Nagels, den wir in M durch das Papier in eine dahinter befindliche Holzleiste schlagen; die Kräfte k und k_1 suchen jetzt das Papier um M zu drehen.

Zur weiteren Erläuterung diene Fig. 4, die hier eine andere Bedeutung hat wie oben. In dem früheren Versuche war das Papier in fester Stellung und diente nur zur Anfertigung der Zeichnung, die die Spannung in den Fäden veranschaulichen sollte, jetzt ist das Papier um M drehbar, und die Kräfte üben auf es eine spannende Wirkung aus. Wir wollen die Bedingung der Gleichwertigkeit zweier Kräfte k_1 und k_2 auffinden, die das Papier in demselben Sinne um M zu drehen suchen. Wir verlegen die Angriffspunkte der Kräfte nach ihrem Schnittpunkte A und bringen in A als Gegenkraft, die das Papier in entgegengesetztem Sinne zu drehen sucht, die Kraft k an. Wie in dem analogen Versuche ist auch hier die Rolle R so angeschraubt, daß für den Fall des Gleichgewichts Punkt A sich vertikal über M befindet, und AR eine horizontale Lage hat. Wie dort, so sind auch hier $k = 60\,g^*$, $k_1 = 100\,g^*$ gewählt und durch die Geraden $AB = 60$ mm und $AC_1 = 100$ mm dargestellt. Legt man zu dem Gewicht von $100\,g^*$ noch $20\,g^*$ zu, bzw. nimmt $20\,g^*$ weg, so macht die Scheibe eine drehende Bewegung, A bewegt sich zwangläufig im Kreise, im ersten Augenblick in horizontaler Richtung. Um Punkt A wieder in seine erste Lage, vertikal über M, zurückzubringen, muß die Rolle S_1 verschoben werden, von S_1 nach S_2 bzw. S_3. Mißt man die Strecken AC_2 und AC_3, so werden sie genau gleich 120 mm und 80 mm gefunden, stellen also die Kräfte $k_2 = 120\,g^*$ und $k_3 = 80\,g^*$ dar. Es erregt großes Interesse bei den Schülern, daß die jetzigen Versuche auf demselben Blatt Papier dieselbe Zeichnung hervorrufen wie die analogen früheren Versuche, wo in dem Fadensystem Spannungen erzeugt wurden. Die Annahme liegt nahe, daß ähnliche Spannungen sich jetzt im Papier ausgebildet haben werden.

Da die Bewegung zwangläufig ist, so muß nach dem Kosinussatz als Bedingung der Gleichwertigkeit der Kräfte k_1 und k_2 die Gleichung erfüllt sein: $k_1 \,.\, \cos\alpha_1 = k_2 \,.\, \cos\alpha_2$. Fällt man von M auf die Kraftrichtungen die Lote a_1 und a_2, so ist $\cos\alpha_1 = \frac{a_1}{AM}$, $\cos\alpha_2 = \frac{a_2}{AM}$, und daher geht die Gleichung des Kosinussatzes über in die Momentengleichung $k_1 a_1 = k_2 a_2$ (im Versuche ist $100 \,.\, 4{,}8 = 120 \,.\, 4 = 80 \,.\, 6$).

Die hier von mir gemachten Vorschläge zur Behandlung des Drehmomentansatzes decken sich in manchen Punkten mit denen von Grimsehl; auch Grimsehl schickt dem Hauptversuche Versuche über die Spannungen in Spiralen voraus, er hat zu diesem Zwecke einen Apparat (Jahrgang 1903) konstruiert, der bei meiner Versuchsanordnung entbehrlich wird.

b) Die Kräfte erzeugen Beschleunigungen.

Die Drehkräfte k_1, k_2 (Fig. 4) suchen das Papier zu drehen, können es aber nicht, weil die Gegenkraft k sie daran hindert, und erzeugen deshalb nur Spannungen. Läßt man die Gegenkraft k fort, so müssen die Drehkräfte k_1 und k_2 ihre Gleichwertigkeit dadurch zeigen, daß sie dieselbe Drehbewegung hervorbringen.

Über die Drehkraft lassen sich verschiedene Annahmen machen. Die nächstliegende ist die, daß während der Drehbewegung die Kraft weder ihre Größe noch ihre Richtung ändert; eine solche Kraft ruft eine pendelnde Bewegung hervor. Eine andere einfache Annahme ist die, daß während der Drehbewegung die Kraft zwar ihre Größe nicht ändert wohl aber ihre Richtung, indem sie fortwährend in der Richtung der Tangente des Kreises wirkt, der vom Angriffspunkt der Kraft beschrieben wird; eine solche Kraft erzeugt eine kreisende Bewegung. Letzterer Fall als der einfachere werde zuerst behandelt.

1. Kreisende Bewegung. Das für den folgenden Versuch zu biegsame und zu leichte Papierblatt werde durch eine Scheibe ersetzt. Man befestige eine kreisrunde Pappschachtel von 3 cm Radius konzentrisch auf der Scheibe, setze letztere horizontal auf eine Stahlspitze, befestige einen Faden an der Schachtel, wickle ihn herum, führe ihn über eine Rolle und bringe die Scheibe durch ein angehängtes Gewicht zum Rotieren. In Fig. 12 ist nicht die Scheibe, (sie besteht aus Metall, z. B. $m = 200$ g, $r = 15$ cm) auf die Stahlspitze gesetzt, sondern ein Stahlhütchen von 1 cm Radius und erst auf dieses die Scheibe, die zu diesem Zwecke einen kreisförmigen Ausschnitt von 1 cm Radius hat; statt der Schachtel aus Pappe ist geeigneter eine aus Aluminium, die unten am Boden wie die Scheibe einen kreisförmigen Ausschnitt von 1 cm Radius hat, so daß auch sie sich über das Stahlhütchen zwängen läßt.

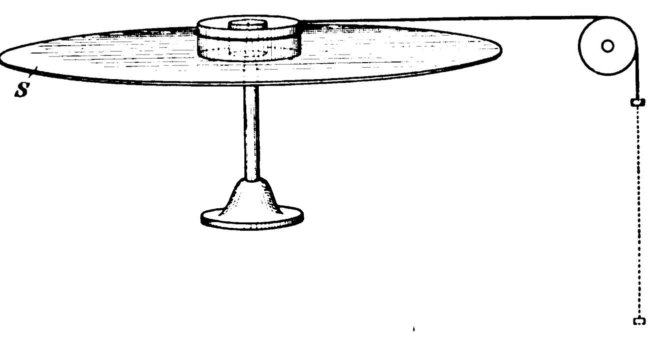


Fig. 12.

Wickelt man den Faden um den Aluminiumzylinder genau einmal herum und läßt ihn durch ein Gewicht von 2 g* sich abwickeln, so beobachten die Schüler, daß durch die Arbeit des sinkenden Gewichts die Scheibe in immer schnellere Rotation gerät, nach 21 Metronomschlägen (7 Sekunden) eine volle Umdrehung vollendet und hierbei eine Wucht erhalten hat, die sie befähigt, den abgewickelten Faden wieder aufzuwickeln und das Gewicht fast wieder bis zur ursprünglichen Höhe zu heben. Wickelt man hierauf den Faden genau einmal um das Stahlhütchen und läßt die Scheibe durch das Zwei-Grammgewicht rotieren, so beobachten die Schüler ähnliches wie vorhin: die Scheibe hat nach Abwicklung des Fadens eine solche Wucht erhalten, daß der Faden wieder aufgewickelt und das Gewicht fast bis zur ursprünglichen Höhe gehoben wird. Einen Unterschied bei der Drehbewegung jetzt und vorhin wird wohl jeder Schüler herausgefunden haben: die Scheibe hat sich jetzt viel langsamer gedreht. Der Grund hiervon wird leicht entdeckt: das Gewicht ist diesmal nicht so tief gesunken,

hat also durch seine geringere Arbeit auch nicht dieselbe Wucht erzeugen können; die Falltiefe und ihr entsprechend die Arbeit war nur $^1/_3$ so groß wie vorhin. Damit auch diesmal nach 21 Metronomschlägen dieselbe Arbeit geleistet und infolgedessen dieselbe Wucht erzeugt werde, hat man nur nötig, die Scheibe statt durch eine Kraft von 2 g* durch eine Kraft von 6 g* drehen zu lassen.

Setzt man statt des Aluminiumzylinders von 3 cm einen solchen von 2 cm auf, so ist, wie der Versuch lehrt, ein Gewicht von 3 g* nötig, um nach 21 Schlägen eine volle Umdrehung der Scheibe zu erzielen. Wir schließen allgemein: Als Bedingung der Gleichwertigkeit zweier Kräfte k_1 und k_2 mit den Kraftarmen a_1 und a_2 gilt auch für den Fall, daß wirklich eine Drehung zustande kommt, die Gleichung $k_1 a_1 = k_2 . a_2$.

Der Apparat gestattet es, auch den Fall zu behandeln, daß mehrere Kräfte die Scheibe gleichzeitig in Drehung versetzen. Beide Aluminiumzylinder werden jetzt auf das Stahlhütchen aufgesetzt (Fig. 13). Um den Zylinder von 3 cm Radius wird ein

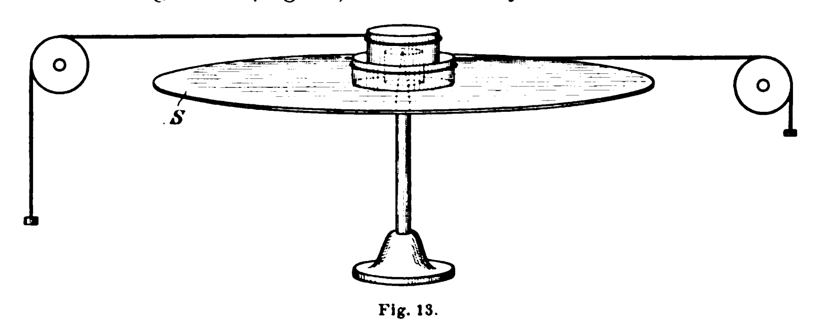


Fig. 13.

Faden gewickelt und ein Gewicht $k_1 = 2$ g* aufgelegt, um den Zylinder von 2 cm Radius, der etwa doppelt so hoch wie ersterer ist, wird ein zweiter Faden gewickelt und ein Gewicht $k_2 = 3$ g* aufgelegt. Die beiden Fäden können entweder in demselben oder in entgegengesetztem Sinne aufgewickelt werden. Im ersteren Falle macht die Scheibe nach 21 Schlägen 2 Umdrehungen, sie dreht sich genau so schnell, als wenn man um das Stahlhütchen einen Faden wickelt und ein Gewicht $K = 12$ g* auflegt; die Ersatzkraft K in 1 cm Abstand von der Drehungsachse hat den Wert $K = k_1 . 3 + k_2 . 2$.

Ziehen dagegen beide Kräfte in entgegengesetztem Sinne, so dreht sich die Scheibe nicht; diesmal ist $K = k_1 3 - k_2 . 2 = 0$, wir haben hier den Fall des Gleichgewichts, wo nur Spannungen erzeugt werden. Wird statt des Zwei-Grammgewichts ein Vier-Grammgewicht aufgelegt, so dreht sich die Scheibe nach 21 Schlägen einmal herum; jetzt ist die Ersatzkraft $K = (4 . 3 - 3 . 2)$ g* = 6 g*, wie der Versuch bestätigt. Interessant ist, daß hierbei das Vier-Grammgewicht eine positive, das Drei-Grammgewicht eine negative Arbeit verrichtet hat, denn das erstere hat sich gesenkt, das zweite ist gehoben worden; oder auch: das sinkende Gewicht von 4 g* verrichtet 2 Arbeiten, einmal hebt es die Last von 3 g* in die Höhe, zweitens erzeugt es Bewegungsenergie.

Durch die letzten Versuche ist theoretisch und experimentell begründet, daß, wenn mehrere Kräfte den Drehkörper wirklich in Drehung bringen und nicht bloß Spannungen erzeugen, sie sich durch eine Kraft $K = \Sigma ka$ in 1 cm Abstand von der Drehungsachse ersetzen lassen.

An die Untersuchungen über die Drehkraft schließen sich naturgemäß solche über den Drehkörper eng an. Hierfür eignet sich wohl unter allen Schulapparaten am vorzüglichsten der Müllersche Universalapparat (d. Zeitschr., Jahrgang 1901), dem die beiden vorhin beschriebenen Aluminiumzylinder beizufügen sind; sein Besitz macht die Anschaffung der Vorrichtung Fig. 12 überflüssig. Wenige Andeutungen über den Gang der Untersuchung mögen genügen. Ausgangspunkt ist die in den ersten Unter-

richtsstunden phoronomisch gewonnene Formel $s = {}^1/_2\, b\, t^2$. Setzt man auf das Stahlhütchen einen der beiden Aluminiumzylinder auf, so ist, da

$$b = \frac{\frac{k\,a}{r}}{m}, \qquad s = \frac{1}{2}\,\frac{k\,a}{m\,r}\,t^2,$$

welche Formel durch Versuche zu erläutern und zu bestätigen ist. Die Einführung des Winkelweges σ führt dann auf die Formel $\sigma = \frac{1}{2}\,\frac{k\,a}{m\,r^2}\,.\,t^2$; jetzt erst ist es an der Zeit, auf die physikalische Bedeutung des Bruches $\frac{k\,a}{m\,r^2}$ einzugehen. Die Einrichtung des Apparats mit den beiden Ringen und den beiden Aluminiumzylindern gestattet es, für die Winkelbeschleunigung schließlich die erweiterte Formel zu gewinnen $\beta = \frac{\Sigma\, k\, a}{\Sigma\, m\, r^2}$ und ihre Richtigkeit durch Versuche zu prüfen.

2. *Pendelnde Bewegung.* Verlegen wir in der Pendelvorrichtung Fig. 6 den Angriffspunkt der Kraft von P nach dem 25 cm von M entfernten Punkt Q (Fig. 14), so lehrt der Versuch, daß das Pendel schneller schwingt als vorher. Wir müssen 2 g* von dem Gewichtssatze von 10 g* fortnehmen, damit die Schwingungsdauer wieder wie in Fig. 6 zwei Sekunden beträgt. Der Grund hiervon ist nicht schwer zu finden. Schon im Versuch Fig. 6 wurde beobachtet, daß das Pendeln des Stäbchens durch die positive und negative Arbeit des herunter und herauf sich bewegenden Gewichts hervorgebracht wird. Durch die Verlegung des Angriffspunktes von P nach Q ist die Falltiefe des Gewichts und daher auch seine Arbeit vergrößert worden; um diese Arbeit wieder ebenso groß zu machen wie vorher, muß die Kraft verkleinert werden.

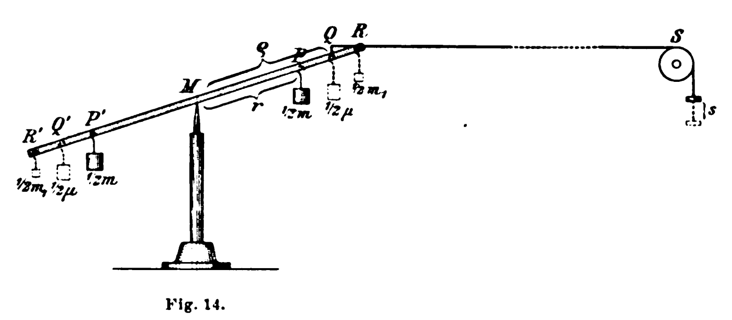


Fig. 14.

Zur weiteren Klarlegung diene Fig. 15. Die in A angreifende Kraft k und die in A_1 angreifende Kraft k_1 seien gleichwertig, d. h. rufen durch ihre Arbeit dieselbe Drehbewegung hervor; jedes der beiden Gewichte drehe also durch sein Sinken das Stäbchen in derselben Zeit aus der Anfangsrichtung MA in die Richtung MB. Sind die Falltiefen der Gewichte s und s_1, so ist nach dem Energiegesetze Bedingung der Gleichwertigkeit von k und k_1 die Gleichung $k\,.\,s = k_1\,.\,s_1$. Ist S der oberste Punkt der weit entfernten Rolle, so sind AS und BS nahezu parallel; unter dieser Voraussetzung ist $AC = s$ (Beweis genau so wie in Figur 5, wo $AC = s_1$) und $A_1C_1 = s_1$. Nun läßt sich aus der Figur leicht die Proportion $\frac{s}{s_1} = \frac{\varrho}{\varrho_1}$ ableiten, und daher folgt aus der Gleichung $k\,.\,s = k_1\,.\,s_1$ die Gleichung $k\,.\,\varrho = k_1\,.\,\varrho_1$ als Bedingung der Gleichwertigkeit der Kräfte k und k_1. Diese Bedingung war in den beiden Versuchen Fig. 6 und Fig. 14 erfüllt (10 . 20 = 8 . 25), und infolgedessen war in beiden Fällen

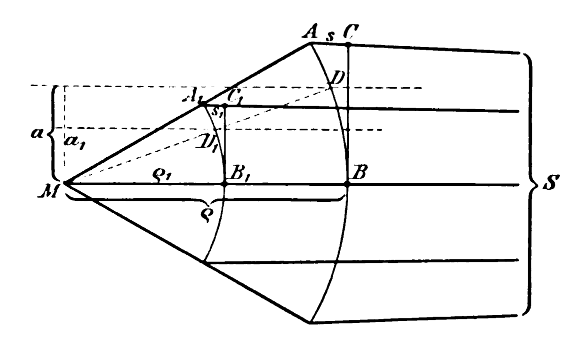


Fig. 15.

die Drehbewegung dieselbe, die Schwingungsdauer betrug in beiden Versuchen zwei Sekunden.

Ist MD die Richtung, die das Stäbchen durch jede der beiden gleichwertigen Kräfte k oder k_1 nach derselben Zeit angenommen hat, und sind a und a_1 deren Kraftarme für diesen Augenblick, so ist $\frac{a}{a_1} = \frac{\varrho}{\varrho_1}$, und daher folgt aus der Energiegleichung $k \, . \, s = k_1 \, . \, s_1$ die Drehmomentengleichung $k\,a = k_1 a_1$. Demnach sind auch bei der Pendelbewegung die Drehmomente zweier gleichwertiger Drehkräfte in jedem Augenblick gleich groß.

Für die Schwingungsdauer des einfachen Pendels (Fig. 6) gilt die Formel: $T = \pi \sqrt{\frac{m \, . \, r}{k}}$. Bezeichnen wir jetzt die der Kraft k gleichwertige in Q angreifende Kraft mit K, so ist $k \, . \, r = K \, . \, \varrho$ und daher $T = \pi \, . \sqrt{\frac{m\,r^2}{K \, . \, \varrho}}$. Statt für die in Q angreifende Kraft K nach einer in P angreifenden Ersatzkraft k zu suchen, können wir auch die Frage aufstellen: welche Ersatzmasse μ muß man in Q (und Q') anbringen, damit die Kraft K auf sie dieselbe Drehbewegung hervorbringe wie auf die in P (und P') befindliche Masse m? Da für diese Ersatzmasse μ die Gleichung des einfachen Pendels gilt $T = \pi \sqrt{\frac{\mu \, . \, \varrho}{K}}$, so ergibt sich für μ der Wert $\mu = m \, . \left(\frac{r}{\varrho}\right)^2$. In unserm Beispiele, wo $m = 200$ g, $r = 20$ cm, $\varrho = 25$ cm gewählt ist, hat die Ersatzmasse μ den Wert $\mu = 128$ g. Der Versuch bestätigt die Richtigkeit dieses Wertes.

Hängt man an das Stäbchen außer der Masse m noch die Massen $m_1, m_2, m_3 \ldots$, so ist die in Q (und Q_1) anzubringende Ersatzmasse $\mu = \Sigma m \, . \left(\frac{r}{\varrho}\right)^2$, und daher finden wir für die Schwingungsdauer des zusammengesetzten Pendels die Formel $T = \pi \, . \sqrt{\frac{\Sigma \, m\,r^2}{K \, . \, \varrho}}$. In Figur 14 sind außer den Massen von je 100 g in 20 cm Abstand von M noch an den Enden des Stäbchens die Massen von je 25 g punktiert gezeichnet; die in Q angreifende $K = 8$ g* bewirkt, wie der Versuch bestätigt, ein Pendeln des Stäbchens mit der Schwingungsdauer $T = 3{,}14 \, . \sqrt{\frac{200 \, . \, 20^2 + 50 \, . \, 30^2}{8 \, . \, 980 \, . \, 25}} = 2{,}5''$; die Ersatzmasse ist diesmal $\mu = \frac{200 \, . \, 20^2 + 50 \, . \, 30^2}{25^2} = 200$ g.

Das physische Pendel ist nur ein spezieller Fall des eben behandelten zusammengesetzten Pendels; man erhält seine Schwingungsdauer, wenn man in obiger Formel für K Mg schreibt, wo M die Masse des physischen Pendels ist, und wenn man jetzt unter ϱ den Abstand des Schwerpunktes vom Drehpunkt versteht. Die Formel lautet also $T = \pi \, . \sqrt{\frac{\Sigma \, m\,r^2}{M \, . \, g \, . \, \varrho}}$. Der Vergleich mit der Schwingungsdauer des ebenso schnell schwingenden Fadenpendels liefert in bekannter Weise für die reduzierte Pendellänge den Wert $l = \frac{\Sigma \, m\,r^2}{M \, . \, \varrho}$.

Die Pendelvorrichtung Fig. 14 hat vor dem von mir konstruierten, im Jahrgang 1908 beschriebenen Pendelapparat den Vorzug, daß sie nichts kostet, doch möchte ich trotzdem dafür eintreten, daß, wenn die Zeit es irgend erlaubt, die Formel fürs physische Pendel gleich im Anschluß ans Fadenpendel in Huygensscher Weise mit Hilfe meines Apparats abgeleitet werde; die Vorzüge dieser Ableitung finden sich in der betreffenden Abhandlung angegeben.

Hiermit habe ich einen Überblick gegeben, wie etwa der Kräfteparallelogrammsatz, der Kosinussatz, der Drehmomentensatz im Unterricht zu behandeln seien. Viel-

leicht mag die doppelte Ermittelung dieser Sätze als zu zeitraubend erscheinen, aber einmal sind die Sätze fundamentaler Natur und können gar nicht gründlich genug durchgenommen werden, sodann will ich erinnern an die Verhandlungen auf der letzten Hauptversammlung in Göttingen. Herr Poske hat dort eine Lanze dafür eingelegt, daß „nicht in jedem Falle der Gründlichkeit auf Kosten des Umfangs des Wissens der Vorzug zu geben sei“. Wenn damit auch die meisten Physiklehrer unbedingt einverstanden sein werden, so dürfte doch hier und da eine besondere Vertiefung in eine Erscheinungsgruppe von Nutzen sein, und ich bin der Anregung von Herrn Noack gefolgt, in dieser Zeitschrift Vorschläge zur Behandlung einer solchen Gruppe zu veröffentlichen.

Ein Umkehr-Volumeter zur Raumbestimmung kleiner Körper.

Von
Dr. **A. Wendler** in München.

Der ganz aus Glas bestehende Apparat, wie ich ihn für die unten beschriebenen Messungen benutzt habe, besteht aus dem Gefäß G (in Fig. 1 nahezu in wahrer Größe gezeichnet), das durch einen sorgfältig eingeschliffenen Stöpsel mit Hahn nach oben hin luftdicht abgeschlossen werden kann, wenn man nach leichtem Einfetten für guten optischen Kontakt sorgt. An G schließt sich unten die in Fig. 1 abgekürzt gezeichnete, in Wirklichkeit etwa 1 m lange Röhre R an, die einen inneren Querschnitt q von reichlich 3 qmm hat und zunächst unten offen zu denken ist. Hat man nun nach sorgfältigster Reinigung der Röhre durch Ansaugen bei S und nach Abschließen des Hahnes eine Quecksilbersäule[1]) von der Länge H eingebracht und die Röhre zugeschmolzen, wobei die Quecksilbersäule bis an das Rohrende reichen muß, so ist das Instrument zum Gebrauch fertig, nachdem die Quecksilbersäule 2—3 mal in der Röhre hin und her bewegt worden ist.

Ist nun V das Innenvolumen des Apparates vom Hahn bis zum Quecksilberfaden (bei M_0), so steht die nach Hahnschluß abgesperrte Luft zunächst unter dem äußeren Luftdruck b. Kehrt man jetzt, wobei das mit einem Wärmeschutzmantel umkleidete Stück bei S mit der einen Hand angefaßt und der Stöpsel fest angepreßt wird, die Röhre um und drückt die mit der anderen Hand gehaltene Röhre gegen den jetzt mit Spitze S auf der Tischplatte stehenden Stöpsel, so sinkt[2]) die Quecksilbersäule um einen Betrag h, so daß das neue Volumen $V - qh$, der neue Druck $b + H$ ist. Unter der Voraussetzung konstanter Temperatur[3]) ist somit nach dem Mariotteschen Gesetz:

Fig. 1.

$$V \cdot b = (V - qh) \cdot (b + H) \tag{1}$$

Nach der Umkehrung in die ursprüngliche Stellung öffnet man nun den Hahn und bringt den Körper vom Volumen v in das Gefäß G ein. Bei Wiederholung der Messung, wobei man annehmen kann, daß sich in der kurzen Zwischenzeit weder Temperatur noch Barometerstand b geändert haben, erhält man dann:

$$(V - v) \cdot b = (V - v - qh') \cdot (b + H), \tag{2}$$

---

[1]) Das Quecksilber muß von der besten Qualität und vollkommen trocken sein.

[2]) Sollte dabei der Quecksilberfaden träge und ungleichmäßig sinken, so würde dies Verunreinigung des Quecksilbers bzw. Feuchtigkeit in der Röhre verraten.

[3]) Es empfiehlt sich, beim Anfassen des Apparates eine etwaige Wärmewirkung durch die Hände durch Anziehen von Handschuhen von vornherein auszuschalten.



und durch Division von (1) und (2):

$$v = V \cdot \frac{h - h'}{h}. \tag{3}$$

Diese Formel läßt den Vorteil der vorgeschlagenen Methode erkennen: Die Endgleichung hat sich trotz der Elimination von b nicht nur nicht kompliziert, sondern sogar vereinfacht, indem q und H von selbst aus der Rechnung hinausfallen, so daß, wenn V bekannt ist, nur 2 Verschiebungen des Quecksilberfadens abzulesen sind. Um V, die Apparatkonstante, zu bestimmen, arbeitet man in bekannter Weise umgekehrt mit vorgegebenem v (Eichung). Die Gleichung (3) setzt natürlich voraus, was bei meinen Versuchen anstandslos der Fall war, daß der Quecksilberfaden jedesmal wieder bis zum Anstoßen am zugeschmolzenen Rohrende gebracht werden kann.

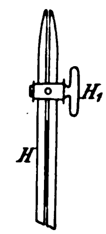
Bei meinen Prüfungsversuchen, die ich mit Messinggewichten (1, 2, 3, 4, 5, 10 g) anstellte, deren Volumina (v) sich also wie 1:2:3:4:5:10 verhielten, war der Anfangspunkt M_0 bei 79,3 cm[1]). Da sich V immer gleich bleibt, so besteht die Prüfung darin, daß sich die durch die Messungen erhaltenen Quotienten $\frac{h - h'}{h}$ ebenfalls wie 1:2:3:4:5:10 verhalten müßten. Dabei wurde jede Messung zur Bestimmung von h sowohl (Marke M) wie auch für h' (Marke M') je 3mal hintereinander gemacht. Das spez. Gewicht der Messingstücke war zu 8,4 angenommen.

g	M	h	M'	h'	$h - h'$	$\frac{h-h'}{h}$	V
	43,1		44,05				
	43,1	79,3 — 43,1	43,78?	79,3 — 43,86			
	43,1		43,75				
1	43.1	36,2	43,86	35,44	0,76	0,021	—
	43,0		44,7				
	43,1	79,3 — 43,07	44,65	79,3 — 44,7			
	43,1		44,75				
2	43,07	36,23	44,70	34.6	1,63	0,045	—
	43,1		45,4				
	42,9	79,3 — 43,02	45,4	79,3 — 45.43			
	43,05		45.5				
3	43,02	36,28	45,43	33,87	2,41	0,067	—
	43,05		46,45				
	42,95	79,3 — 43,05	46,4	79,3 — 46,43			
	43,15		46,45				
4	43,05	36,25	46,43	32,87	3,38	0,093	—
	42,90		47,2				
	43,00	79 3 — 42.92	47,05	79,3 — 47,1			
	42,85		47,05				
5	42,92	36,38	47,1	32,2	4,18	0,115	5,176
	43,00		51,45				
	42,95	79,3 — 43,00	51,3	79,3 — 51,35			
	43.05		51,3				
10	43,00	36,3	51,35	27,95	8,35	0,230	5,176

[1]) Die Röhre ist in cm und mm geteilt.

Statt 10 : 5 : 4 : 3 : 2 : 1 erhält man somit 10 : 5 : 4,04 : 2,96 : 1,96 : 0,91, somit einen durchschnittlichen Fehler von nicht ganz 1% in den 5 ersten Zahlen. Daß die Genauigkeit abnimmt, je kleiner v im Verhältnis zu V wird, liegt in der Natur der Sache und entspricht auch den Ergebnissen, welche andere auf dem Mariotteschen Gesetz beruhende Volumeter liefern.

Bei dem Volumeter von Say z. B., das mit dem in Fig. 1 skizzierten Apparat einige Ähnlichkeit hat, beträgt der Fehler gegen 2,5% selbst dann, wenn v relativ groß gegenüber V ist $\left(\frac{v}{V} = 0{,}5\right)$, während man bei dem oben beschriebenen Apparat einen Fehler von rund 2% erst erhält bei $\frac{v}{V} = 0{,}05$, wobei noch überdies Barometerablesung und Gewichtsbestimmungen wegfallen.



Für V, das aus den beiden übereinstimmenden Resultaten (5 g und 10 g) berechnet wurde, ergab sich 5,18 ccm. Mit Hilfe dieses nun bekannten Volumens wurde zur weiteren Kontrolle der Rauminhalt eines vorher geometrisch ausgemessenen Quaders bestimmt und 0,964 ccm statt 0,97 ccm gefunden. Die Genauigkeit hätte nun bei dem von mir benutzten Modell noch etwas gesteigert werden können durch Ausnutzung des rund 40 cm betragenden Rohrteils von M bis G (M war ja, wie obige Tabelle zeigt, durchschnittlich 43), indem die Vergrößerung von H (bei meinen Messungen rund 15 cm) noch größere Ausschläge ergeben hätte.

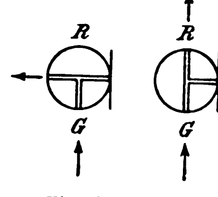


Fig. 2b. Fig. 2c.

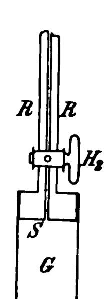


Fig. 2a.

Bei dem von mir benutzten Modell, das übrigens ursprünglich anderen Zwecken diente, ist die Volumbestimmung pulverisierter Körper offenbar ausgeschlossen. Diese Beschränkung fällt weg bei der in Fig. 2a skizzierten Anordnung, bei der es auch in höherem Grade möglich ist, Temperatureinflüsse zu vermeiden, indem hier das Gefäß G an einem in der Figur weggelassenen Gestell fest und aufrecht montiert ist. Die mit dem Stöpsel S fest verbundene Röhre R nimmt jetzt allein die oben beschriebenen Umkehrungen vor. Dabei entspricht der während einer Messung immer geschlossene Hahn H_1 dem zugeschmolzenen Ende in Fig. 1, während der Dreiweghahn H_2 die Verbindung der Luft in G mit der äußeren Luft bzw. mit der Röhre vermittelt, je nachdem er in Stellung Fig. 2b oder 2c gedreht wird.

Zur Interpretation eines Versuchs von Drude zur Demonstration von Kondensatorschwingungen.

Von
H. Schnell in Darmstadt.

Auf S. 348 der „Physik des Äthers" von Drude heißt es: „Bildet der Schließungsdraht eine vielgewundene Spirale, z. B. die Sekundärspule eines großen Ruhmkorffschen Induktionsapparates, deren Enden mit den Belegungen eines Kondensators verbunden sind, so wird die Schwingungsdauer so herabgedrückt, daß man auch ohne Zuhilfenahme eines sehr schnell rotierenden Spiegels die Oszillationen nachweisen kann. So z. B. ist ein zur Demonstration sehr geeignetes Mittel eine auf der Achse eines kleinen Uhrwerkes schnell rotierende berußte Papierscheibe, welche sich in der etwa 1 cm langen Luftstrecke eines kurzen Nebenschlusses befindet, der parallel zum Kondensator

geschaltet ist (vgl. Fig. 1). Derselbe wird durch eine Stromunterbrechung des in der primären Spule des Ruhmkorffschen Apparates fließenden Stromes geladen und entladet sich durch die sekundäre Spule in oszillatorischer Weise. Da die Enden der dem Kondensator parallel geschalteten Luftstrecke nahezu gleiches Potential wie die Kondensatorbelegungen besitzen, so ahmt der in der Luftstrecke auftretende Funken die Potentialschwankungen im Kondensator nach. Es entsteht daher bei einer einzigen Stromunterbrechung in der primären Spirale auf der rotierenden Rußscheibe eine Reihenfolge von Löchern, welche der Sekundärfunke geschlagen hat, und die sich gut dadurch kennzeichnen, daß durch Fortschleuderung des Rußes ein größerer weißer Fleck jedes Loch umsäumt. Die Schwingungsdauer der Oszillationen findet man aus der Rotationsgeschwindigkeit des Papiers in einfacher Weise[1]."

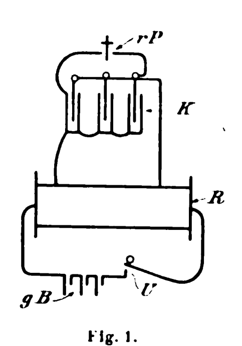


Fig. 1.
rP = rotierendes Papier,
K = Kondensator,
R = Ruhmkorff,
U = Unterbrecher,
gB = galvanische Batterie.

Nun ist schon von W. König bemerkt worden, daß durch den Drudeschen Versuch die oszillatorische Natur der Entladung nicht bewiesen werde, da die Lochreihe ebensogut durch eine Reihe von Partialentladungen erzeugt werden könne. Trotz dieser Zweideutigkeit und obwohl uns andere Versuche zum objektiven Nachweis der oszillatorischen Natur der Kondensatorschwingungen zur Verfügung stehen, dürfte der Drudesche Versuch doch vielleicht noch recht oft vorgeführt werden, da er vor den anderen den großen Vorzug der bequemeren Ausführung voraus hat. Deswegen aber ist es notwendig, endgültig zu entscheiden, ob wir es bei dem Drudeschen Versuche mit Schwingungen oder Partialentladungen zu tun haben, und das soll im folgenden geschehen.

Die Ergebnisse des Drudeschen Versuches sind bei näherem Zusehen recht verdächtig. So erhält man, wenn die Funkenstrecke sehr klein gemacht wird, zuweilen 30—40 Löcher bei einer Entladung; das entspräche aber 15—20 Schwingungen. Derartig schwach gedämpfte Schwingungen sind sonst nirgends bekannt. Eine kleine Vergrößerung der Funkenstrecke bewirkt, daß man nur ganz wenige, etwa 2—3 Schwingungen erhält. Eine solche Zunahme der Dämpfung stände in gar keinem Verhältnis zur Vergrößerung des Widerstandes. Auch wächst der Abstand der Löcher gegen das Ende der Reihe, wogegen von der Theorie das Gegenteil verlangt wird. Auch ergab eine Überschlagsrechnung bei meinen Versuchen stets, daß die Schwingungszeit der angeblichen durch die Lochreihe demonstrierten Schwingungen für den aus Leidener Flasche und Sekundärspule gebildeten Schwingungskreis zu kurz und für den aus Leydener Flasche und Schließungsdraht gebildeten Kreis zu lang war.

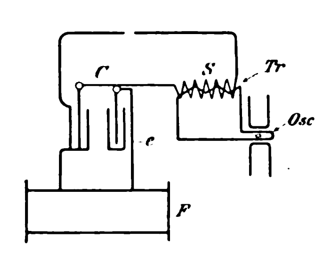


Fig. 2.
Tr = Transformator,
Osc = Oscillograph.

Um nun einen Einblick in die in dem Schließungskreis von der Leidener Flasche zur Funkenstrecke stattfindenden Vorgänge zu gewinnen, verwandte ich den Oszillographen. Dieser wurde aber nicht direkt eingeschaltet, sondern in den Primärkreis eines eingeschalteten Transformators gelegt (vgl. Fig. 2). Als solchen benutzte ich einen kleinen Induktor. Würde der Oszillograph direkt eingeschaltet, so wäre er gar nicht imstande, den Schwingungen des aus Kondensator und Schließungsbogen gebildeten Kreises zu folgen, da diese viel zu kleine Schwingungszeiten hätten. Aber auch die langsameren Schwingungen des aus Kondensator und Induktorspule gebildeten Kreises würde er ohne Transformator nicht anzeigen, da die Intensität dieser

[1]) Vgl. hierzu auch den in dieser Zeitschrift XVIII, 159 erschienenen Aufsatz von E. Hensing.

Ströme zu gering ist, um die Oszillographenschleife zu drehen. Der Transformator hat daher den Zweck, die Schwingungen in dem von Kondensator und Schließungsbogen gebildeten Kreise zu verlangsamen und außerdem die hochgespannten schwachen Schwingungen in niedrig gespannte von größerer Stromstärke zu transformieren. Der zweite Spiegel des Oszillographen wurde mit dem Motorunterbrecher des Funkeninduktors so verbunden, daß er bei jeder Umdrehung des Unterbrechers einen Hin- und Hergang beschrieb[1]). Das durch den Oszillographen hervorgebrachte Bild zeigt uns also den Vorgang im Schließungskreise des Kondensators bei einem Schluß und einer Öffnung des Primärstromes. Dieses Bild wurde photographisch aufgenommen. Die im folgenden wiedergegebenen Bilder sind solche photographischen Aufnahmen.

Die Figur *a* wurde erhalten, als die Funkenstrecke so gestellt war, daß gerade eben regelmäßig ein Funke überging. Wie ist nun das Bild zu deuten? Der Primärstrom des Funkeninduktors wird unterbrochen, wenn der Lichtzeiger, von links kommend, etwa bei *A* angelangt ist, wie besonders festgestellt wurde. Es entsteht dann in der Sekundärspule der Induktionsstrom, der die Leidener Flasche auflädt. Sobald nun hier das Potential so hoch geworden ist, daß die Luftstrecke durchschlagen werden kann, setzt die Entladung der Flasche ein. Inzwischen ist der Lichtzeiger bis *B* gegangen. Die Entladung geschieht nun oszillatorisch in dem Schwingungskreise, der gebildet wird von dem Kondensator *C* und der Spule *S* des Transformators (vgl. Fig. 2). Bei der Schließung des Primärstromes entsteht natürlich auch ein Induktionsstrom, dessen in dem Kondensator hervorgebrachtes Potential aber nicht zur Überbrückung unserer Funkenstrecke hinreicht.

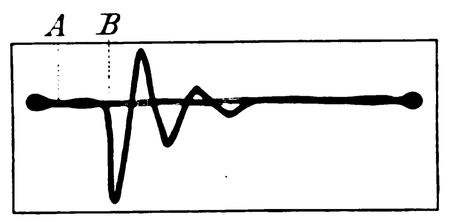


Fig. *a*.

Die durch die Figur *a* dargestellten Schwingungen haben mit den Schwingungen, die durch das Aufladen der Leidener Flasche in dem von dieser und der Sekundärspule des Funkeninduktors *F* gebildeten Schwingungskreis entstehen, nichts zu tun. Die Schwingungen in diesem Kreise sind wegen der großen Selbstinduktion der

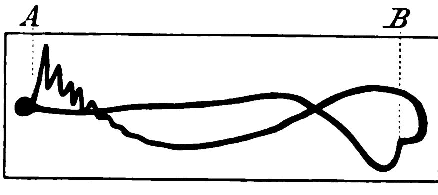


Fig. *b*.

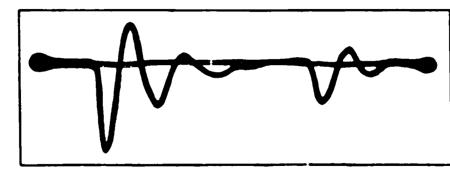


Fig. *c*.

Sekundärspule sehr viel langsamer. Fig. *b* stellt diese Schwingungen dar. Sie wurde dadurch erhalten, daß der Oszillograph an der durch *e* bezeichneten Stelle (Figur 2) mit der Sekundärspule des Funkeninduktors in Reihe geschaltet wurde. Bei *A* setzt die Schwingung des Öffnungsstromes, bei *B* die des Schließungsstromes ein. Die kleinen Schwingungen, die bei *A* der Hauptschwingung übergelagert sind, sind bedingt durch die Kondensatorschwingungen des Primärkreises des Funkeninduktors[2]).

Stellt man wieder die Schaltung her, die zu Figur *a* geführt hat, und verkleinert allmählich die Funkenstrecke, so entsteht zunächst die Figur *c*. Der Öffnungsstrom des Funkeninduktors reichte hin, die Leidener Flasche zweimal bis zum Funkenpotential aufzuladen. Dieses Potential ist, da die Funkenstrecke kürzer ist, nicht so

[1]) Näheres über die Versuchsanordnung ist aus meiner Arbeit „Untersuchungen am Funkeninduktor“, Annalen der Physik Bd. 20, S. 2, zu ersehen.

[2]) Vgl. meine Arbeit über den Funkeninduktor, a. a. O.

hoch; es setzte also die erste Entladung etwas früher ein, und es folgte dann noch eine zweite.

Bei weiterer Verkürzung der Funkenstrecke entsteht die Figur *d*. Jetzt ist das zur Überbrückung der Funkenstrecke nötige Potential so klein, daß es auch bei der Aufladung der Flasche durch den Schließungsstrom erreicht wird, und so entsteht auch eine oszillatorische Entladung bei der Schließung des Primärstromes. Sie ist dargestellt durch die bei *A* einsetzende Schwingungskurve.

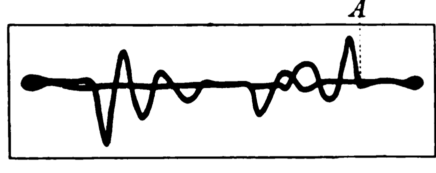


Fig. *d*.

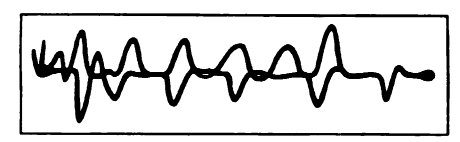


Fig. *e*.

Wird die Funkenstrecke noch mehr verkürzt, so entsteht die Figur *e*, die zeigt, daß sowohl durch den Öffnungs- als auch durch den Schließungsstrom eine ganze Anzahl von Partialentladungen hervorgebracht werden, die alle noch ganz gut als Einzelentladungen von einander unterschieden werden können.

Ein ähnliches Bild, nur mit noch mehr Einzelentladungen, zeigt Fig. *f*, die bei abermaliger Verkürzung der Funkenstrecke erhalten wurde.

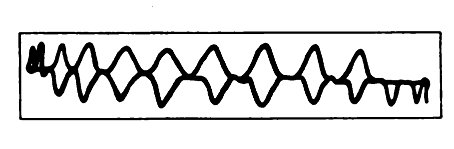


Fig. *f*.

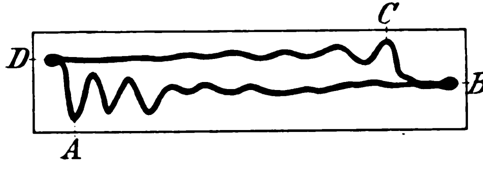


Fig. *g*.

Schließlich wird die Funkenstrecke so klein, daß durch die erste Partialentladung zwischen den beiden Spitzen eine leitende Verbindung hergestellt wird, durch die sich die nachströmende Elektrizität wie bei einer metallischen Verbindung entlädt. Im Oszillographen entsteht dann die Fig. *g*. Die Linie *A B* stellt den Öffnungs- und *C D* den Schließungsstrom dar.

Unsere Versuchsreihe zeigt also, daß man in dem Schließungsbogen einer Leidener Flasche, die von einem Funkeninduktor gespeist wird, bei sehr kleiner Funkenstrecke eine ganze Reihe von Partialentladungen erhält, und zwar sowohl beim Öffnen als auch beim Schließen des Primärstromes. Wir haben es daher bei dem Drudeschen Versuche zweifellos mit Partialentladungen und nicht mit Schwingungen zu tun. Natürlich verläuft jede einzelne Partialentladung wieder schwingend. Aber diese Schwingungen verlaufen bei Drudes Anordnung so rasch, daß sie sich in je einem Loche der berußten Papierscheibe abspielen. Jedes Loch der Papierscheibe zeigt eine Partialentladung an.

Da nun eingewendet werden könnte, daß durch die Einschaltung der Transformatorspule in den Entladungskreis der Leidener Flasche der Drudesche Versuch auch in qualitativer Beziehung geändert werde, so habe ich noch folgenden Versuch gemacht. Die Funkenstrecke wurde vor dem oben beschriebenen hin und her gehenden Spiegel, der auf dem Motorunterbrecher angebracht ist, aufgestellt und ihr Bild im Spiegel betrachtet, und zwar zuerst bei eingeschaltetem Transformator und dann ohne diesen. Die Figuren *h*, *i*, *k* zeigen das Aussehen dieser Bilder, wenn die Länge der Funkenstrecke übereinstimmte mit der, die zu den Fig. *a* bzw. *c* und *d* führte. Das obere Bild wurde bei eingeschalteter Transformatorspule, das untere ohne diese erhalten. Die Fig. *h* zeigt entsprechend der Fig. *a* eine Entladung; die 4 Linien des

oberen Teils entsprechen 4 Halbschwingungen dieser Entladung, wogegen die eine Linie des unteren Teiles anzeigt, daß die Schwingungen dieser Entladung so rasch erfolgten, daß ihr Funkenbild sich nicht in Einzellinien auseinander ziehen ließ. Fig. *i* zeigt 2 und Fig. *k* 3 Entladungen, übereinstimmend mit den Fig. *c* und *d*, und

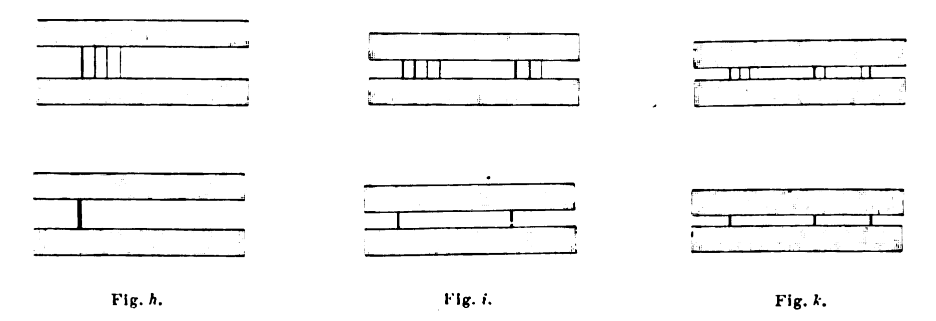


Fig. *h*. Fig. *i*. Fig. *k*.

auch hier ist im oberen Teil das Funkenbild jeder Entladung in mehrere Einzellinien aufgelöst, im unteren nicht. Die Figuren zeigen also, daß ohne eingeschaltete Transformatorspule dieselbe Anzahl von Partialentladungen entsteht wie mit derselben. Auch bei weiterer Verkürzung der Funkenstrecke zeigte sich volle Übereinstimmung in der Zahl der Partialentladungen.

Darnach dürfte der Drudesche Versuch als Einführungsversuch in die Theorie der elektrischen Schwingungen endgültig aufzugeben sein.

Kleine Mitteilungen.

Eine Quecksilberdampflampe für Schulversuche.

Von Dr. **B. König** in Göding und **J. Zupanec** in Brünn.

Um das Licht, welches durch glühenden und stromleitenden Hg-Dampf im Vakuum entsteht, den Schülern zu demonstrieren, kann man sich des im nachstehenden beschriebenen Apparates bedienen. Dieser bietet auch den Vorteil, daß gleichzeitig das Prinzip der Quecksilberluftpumpe zur Darstellung gelangt. Der Apparat (Fig. 1) besteht aus einer Lichtröhre *A* und einem Quecksilberbehälter *B*, welche durch einen dickwandigen Vakuumschlauch miteinander verbunden und längs der Säulen eines entsprechenden Stativs auf und ab verschiebbar sind. Die auf einem Brettchen montierte Lichtröhre *A* ist außerdem um einen durch die Halterhülse getragenen horizontalen Zapfen drehbar und kann in horizontaler oder vertikaler Lage festgehalten werden. In das Gefäß *B* ragt eine durch einen luftdurchlässigen Korkstöpsel festgehaltene Eisenelektrode, eine ähnliche in das offene Ende der Lichtröhre *A*, und es wird die zweite durch einen luftdicht schließenden Kautschukstöpsel getragen; dieser Stöpsel hält mittels einer zweiten Bohrung auch noch eine mit Kugel und Hahn versehene Glasröhre fest.

Vor dem Versuche werden alle Teile, welche luftdicht schließen sollen, mit Vaselin eingeschmiert, der Glashahn geöffnet und der Kautschukstöpsel mittels der Metallklammern am offnen Ende der Lichtröhre derart befestigt, daß er während des Füllens durch den innern Druck des Quecksilbers nicht hinausgetrieben werden kann. Sodann werden der Behälter und die Lichtröhre in gleiche Höhe gebracht und die letztere in die vertikale Lage umgedreht. Wird nun in den Behälter *B* Quecksilber eingegossen, so füllt dasselbe den Schlauch und steigt in die Lichtröhre, die Luft vor sich hinausdrängend. Ist das Quecksilber nahe bis zum Kautschukstöpsel gekommen, wobei es auch noch den Behälter *B* 3 bis 4 cm hoch ausfüllt, so ist die



Füllung beendet. (Man braucht ca. 2 bis 3 kg Hg.) Nun wird die Lichtröhre in die horizontale Lage gedreht und der Behälter etwas gehoben, bis das Hg durch den Glashahn austritt, und dann letzterer abgesperrt.

Nun kann zum Versuche selbst geschritten werden. Zu diesem Zwecke wird die Anode bei B eingeführt und der Strom geschlossen. Hierauf hebe man die Lichtröhre und senke den Behälter, bis die Höhendifferenz ca. 76 *cm* beträgt. In der Lichtröhre beginnt das Niveau zu sinken, bis der Quecksilberfaden reißt, wobei zwischen den Enden ein intensives bläulichweißes Licht entsteht. Je besser das Vakuum, desto länger kann der Lichtbogen gemacht werden. Als Lampe A kann auch ein ebensolches Gefäß wie B dienen, wobei die beschriebene Schließvorrichtung in A angewendet wird. Die Elektrode in A besitzt dann am unteren Ende eine Eisenkugel und ist Kathode.

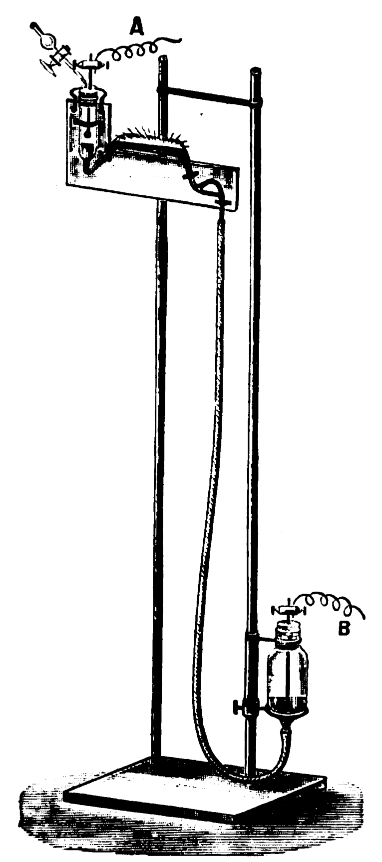


Fig. 1.


Fig. 2.

Zum guten Gelingen des Versuches ist es notwendig, daß das verwendete Hg möglichst rein und luftfrei sei. Auch die in der Lichtröhre an den Wänden adhärierende Luft kann anfangs störend wirken. Diesem Übelstande kann dadurch begegnet werden, daß die Lichtröhre zunächst ohne Stromschluß evakuiert und dann wieder gefüllt wird, wobei sich die vorhandenen Luftpartikelchen zu einer größeren Luftblase vereinigen, welche durch Drehung der Lichtröhre durch die Öffnung des Glashahnes entfernt werden kann. Man beachte dabei, daß der Hahn nur dann geöffnet werden darf, wenn sich die Lichtröhre A und der Behälter B in gleicher Höhe befinden. Ist die Röhre nicht hinreichend evakuiert, so verlischt der Lichtbogen, sobald er eine bestimmte Länge überschreiten soll. Bei kurzem Bogen kann eine starke Erhitzung der Lichtröhre eintreten, wodurch letztere beschädigt werden könnte. In diesem Falle muß der Versuch unterbrochen und die Röhre neuerdings evakuiert werden.

Der verwendete Strom ist ein Gleichstrom von 110 bis 150 Volt Spannung, die erforderliche Stromstärke 3 bis 5 Ampere.

Der Apparat ist in allen Kulturstaaten patentiert oder zum Patent angemeldet und ausschließlich durch die Firma Paul Haack, Glasbläserei, Wien IX/3, Garelligasse 4, zu beziehen[1]).

Die Lichtröhre resp. die das Kathodenlicht zeigende einfachere Lampe nach dem Muster von Fig. 2 kann auch aus Quarz- oder Uviolglas gefertigt sein und ist dann

[1]) Der Preis des komplett adjustierten Apparates (ausschließlich des Quecksilbers) beträgt Kr. 60,—, ohne Stativ und Klemmen Kr. 44,—.

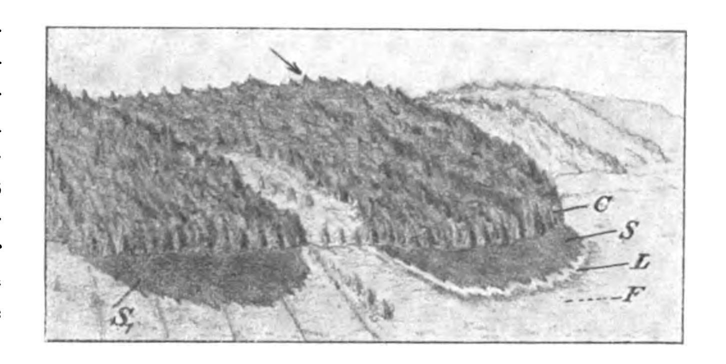
wegen der durchgehenden ultravioletten Strahlen besonders für optische und medizinische Zwecke verwendbar.

Als Reagenzpapier zum Auffinden der Kathode dient zweckmäßig Phenolphthaleinpapier, das, im angefeuchteten Zustande mit den stromleitenden Drähten berührt, an der Kathode rot wird. Es kann auf Wunsch mitgeliefert werden.

Über eine eigentümliche Leuchterscheinung in einem Gebirgstal.

Von Prof. **O. Ohmann** in Berlin.

Die ersten Apriltage des Jahres 1909 zeichneten sich in Thüringen — wo die nachfolgende Erscheinung beobachtet wurde — durch verhältnismäßig starken Frost des Nachts und ständige Sonnenwirkung am Tage aus, die aber zunächst nur schwach war. Dann folgte ein starker Temperaturanstieg mit nur einem Übergangstage, der noch Nachtfrost zeigte, während die Sonnenwirkung schon zeitiger anfing merklich zu werden. Am Morgen dieses Tages beobachtete ich von der Höhe der „Haardt" bei Berka (unweit Weimar) beim Blick auf das Ilmtal mit seinen Waldkulissen, wie der Schattenrand der einen ins Tal vorgeschobenen Waldlisiere von einem hell leuchtenden breiten Saum umgeben war, der mit seinem zackigen Rande dem gezackten Umriß des Schattens genau folgte. Über die Landschaft war ein gleichmäßiger Nebelschleier gebreitet. Die ganze Erscheinung zeichnete sich durch eigenartige Schönheit aus. C ist die Waldkulisse, S deren tiefer Schatten, L der leuchtende Schattensaum, F die mit dürrem Wintergras bestandene Wiesen- bzw. Brachfeldfläche, welche direkt, wenn auch etwas matt, von der Sonne beschienen wurde.



Anfangs glaubte ich eine rein optische Erscheinung vor mir zu haben. Der Nebelschleier schien darauf hinzudeuten. Wenn etwa der Nebelschleier in der Nähe des Erdbodens, gleich oberhalb der Fichtenwipfel, als besonders kondensiert angenommen wurde, so konnte vielleicht seine Erhellung durch die schräg auffallende Sonne im Verein mit den von den Blattflächen reflektierten Strahlen die Ursache des Leuchtens sein. Dies konnte jedoch immer nicht erklären, daß die Schatten-Korona heller war als die übrige, von der Sonne direkt bestrahlte Feldfläche. Da kam mir der Gedanke an eine Mitwirkung von kleinen Eiskristallen, die bei verschiedenen Naturerscheinungen eine Rolle spielen. Nun wurde alles klar: Die Erscheinung war mehr kalorisch als optisch bedingt. Die Grashalme waren zufolge des Nachtfrostes in nebliger Luft mit feinen Eiskristallen überzogen — von dem Vorhandensein eines gewissen Rauhreifes konnte ich mich nachträglich überzeugen —, diese waren im Schatten S von der Ferne (Luftlinie bis zum linken Anfangspunkte des Schattens etwa 750 m, Talbreite 430 m) nicht sichtbar, wurden aber in der Zone L von einem Sonnenlicht getroffen, dessen schwache Wärmewirkung durch die Nebelschicht noch mehr geschwächt wurde, so daß im wesentlichen nur Reflexion, verbunden mit Refraktion, der leuchtenden Strahlen stattfinden konnte; während weiterhin in der Fläche F infolge des freieren Durchtrittes der Sonnenstrahlen sowie durch die längere Einwirkung derselben die Kristalle verschwanden, so daß das Licht nur von den stumpfen Flächen der welken Halme reflektiert wurde. Es ist wohl nicht einmal



nötig, eine besonders kondensierte Nebelschicht oberhalb der Baumwipfel anzunehmen, das Zustandekommen einer leuchtenden Zone (L) erklärt sich genügend durch die Schmelzverzögerung; wohl aber ist auf den Nebelschleier das eigentümlich Duftige der Erscheinung zurückzuführen. Beim Höherrücken der Sonne wird allmählich L zu F, während die angrenzenden Teile des Schattens S langsam zu L werden.

Bemerkenswert ist, daß an einem zweiten Schattenrande (S_1) der auf bereits umgepflügten Felde mit nur geringfügiger Eiskristallbildung lag, die Erscheinung nur andeutungsweise auftrat.

Die Erscheinung beruht also, wenn sonst die Bedingungen des Geländes und der Beobachtungsweise erfüllt sind — nach Nordwesten vorspringende Waldlisiere mit rückwärts anschließender Anhöhe und vorgelagerter Grasfläche, die man morgens von Norden her betrachten kann —, auf dem günstigen Zusammentreffen dreier Umstände: 1. Rauhreif, 2. Nebelschleier von gewisser Stärke, 3. gleichmäßige ununterbrochene Einstrahlung. Von welchen Faktoren die Breite des leuchtenden Saumes abhängt, ist danach leicht ersichtlich. — Das Auftreten der Erscheinung, die ich bis jetzt noch nicht erwähnt gefunden habe, wird man auch in größeren Gebirgstälern vermuten können.

Versuche über Molekularanziehung mit Farbstofflösungen.

Von **H. Rebenstorff** in Dresden.

Unter den zahlreichen Beispielen für Adhäsion wird in den Lehrbüchern auch das Färben erwähnt, ein Versuch darüber aber wohl meistens der Chemie überlassen. Sehr empfehlenswert sind ein für allemal bereitgestellte Farblösungen, in die man Streifen von Filtrierpapier bringt. In kleine Bechergläschen (8 cm Höhe) gießt man niedrige Bodenschichten der Lösungen und läßt je einen beliebig langen, etwa 3 cm breiten Papierstreifen hineinhängen, den man über dem Glasrande umknickt. Hierbei zeigt sich nicht nur ein mehr oder weniger schnelles kapillares Auf- und Über-den-Rand-Steigen der meisten Flüssigkeiten, sondern auf das deutlichste eine besondere Oberflächenanziehung zwischen Papierstoff und Farbstoff, indem auf dem Papierstreifen die Färbung nur bis zu einer gewissen Höhe fortschreitet, über die hinaus das Wasser noch eine oft erhebliche Strecke weiter vordringt.

Über diese „Adsorption" von gelösten Stoffen durch Papier hat Schönbein (1861) und nach ihm Goppelsröder (1887) eine große Anzahl interessanter Tatsachen aufgefunden (O. Lehmann, *Molekularphysik I, S. 573, 1888*), die recht rätselhaft sind, wie z. B. eine Säuren und Basen weit übertreffende Wanderungsgeschwindigkeit des Jodkaliums innerhalb der kapillaren Zwischenräume (S. 575). An wässeriger Eosinlösung fehlt es nirgends; etwas Pikrinsäure löst man durch Kochen im Reagenzglase; Lösungen von Fuchsin, sowie von Methylviolett (etwa je 1,5 g in 1 l kochenden Wassers) bewahrt man sich nach dem Filtrieren am besten in verschlossenen Flaschen auf.

Der Farbstoff der beiden letzten Lösungen steigt nur etwa 3—4 cm hoch im Papierstreifen empor; das Wasser hingegen macht in einer Stunde den Streifen zum Kapillarheber. Die Grenze des adsorbierten Farbstoffes zeigt oft zungenartige Ausläufer, den Walzeindrücken im Papier entsprechend. Eosin-, mehr noch Pikrinsäurelösungen färben den Streifen höher hinauf. Die Breite des Wasserrandes ist durch die Konzentration der Lösungen mitbestimmt. Man sieht dies deutlich an Streifen, die in gewöhnliche Tinte, sowie solchen, die in stark verdünnte Tinte hineinragten. Nur die letzteren zeigen den Wasserrand.

Ein anderes, die Schüler sehr interessierendes Verfahren besteht darin, daß man etwa talergroße Klexe mit den farbigen Lösungen auf großen Fließpapierblättern herstellt. Nach einigen Sekunden kann man die Papierblätter gegen das Licht halten lassen. Obgleich die Verdunstung stark ist, sieht man um jeden eingesickerten Farb-



flecken eine noch breiter werdende lichte Zone mit ganz scharfer Trennung von Farbe und Wasser.

Nach beiden Verfahren kann man nun auch mit Mischungen der Lösungen experimentieren. Das stärker adsorbierte Fuchsin, sowie Methylviolett bleiben hinter Eosin, mehr noch hinter Pikrinsäure zurück. Hübsch sieht der rosafarbene Eosinfleck, umgeben von dem allmählich sich verlierenden breiten Gelb der Pikrinsäure, aus. Des größeren Farbenunterschiedes wegen benutzt man bei diesen Mischversuchen besser das Methylviolett anstatt Fuchsin, also im Gemenge mit Eosin (wenige Tropfen). Ist gleichzeitig etwas Pikrinsäure beigemischt, so tritt jenseits des zunächst fast schwarzen Bereiches das Eosin nur in zarten rosa Wölkchen an der Grenze der breiten gelben Zone auf.

Zur Demonstration der Wassersynthese.

Von Dr. **Richard Kempf.**
(Chemisches Institut der Universität Berlin.)

Vor etwa einem Jahre habe ich unter gleichem obigen Titel an dieser Stelle einen Vorlesungsapparat beschrieben, der in einfacher Weise gestattet, die synthetische Bildung von Wasser und Kohlendioxyd bei der Verbrennung von Leuchtgas zu demonstrieren[1]). Im folgenden möchte ich auf einige praktisch wichtige Punkte hinweisen, die teils den Gebrauch der Vorrichtung, teils die Interpretation des Versuches betreffen.

Wie bereits in der zitierten Abhandlung kurz angedeutet ist, läßt sich neben der Bildung von Wasser und Kohlendioxyd auch die von Schwefelsäure und Salpetersäure (oder salpetriger Säure) bei der Verbrennung von Leuchtgas zeigen. Das synthetisierte Wasser braucht man nur mittels der gewöhnlichen Reaktionen auf die genannten Säuren zu prüfen. Man ist mithin in der Lage, den gesamten chemischen Mechanismus der Verbrennungserscheinungen organischer Substanzen sinnfällig und in einer Operation vor Augen zu führen. In den Rahmen des Versuches fällt also z. B. die Besprechung der organischen Elementaranalyse, ferner der hygienischen Mängel der Gasbeleuchtung in Wohnräumen usw.

Will man dagegen nur die Wassersynthese in den Kreis der Betrachtung ziehen und alles kompliziertere Beiwerk vermeiden, so läßt sich der Versuch dadurch wesentlich einfacher gestalten, daß man die Zuglöcher des Bunsenschen Zehnbrenners mittels der Metallhülsen schließt und nun reinen Wasserstoff — am bequemsten aus einer mit Reduzierventil versehenen Bombe — in dem Apparate verbrennt. Man erhält dann eine qualitativ und quantitativ bessere Ausbeute: das Wasser ist reiner, und es entsteht in größerer Menge als bei der Verbrennung von Leuchtgas. Es bildet sich bei der Verwendung von Bombenwasserstoff in einer halben Stunde ca. $^1/_4$ Liter kristallklares Wasser. Auch wird das Metall des Apparates weniger angegriffen.

Auf die pro Zeiteinheit erzielbare Wasserausbeute kommt es aber in erster Linie an, wenn der fundamentale Versuch wirklich überzeugend und eindrucksvoll — auch auf einen ausgedehnteren Hörerkreis — wirken soll. Das ist aus didaktischen Gründen gerade bei diesem Vorlesungsversuch um so mehr zu erstreben, als eine geeignete Interpretation die Brücke schlägt zum Verständnisse von Lavoisiers bahnbrechenden Arbeiten, in denen die Wurzeln der modernen Chemie ruhen. —

Neuerdings wies H. Schiff[2]) in einer interessanten historischen Notiz darauf hin, daß die in Rede stehende Vorrichtung einen Florentiner Apparat aus dem Jahre

---

[1]) Vgl. diese Zeitschrift, Bd. 21, S. 35 (1908). — Chemiker-Zeitung, Bd. 32, Repert. S. 294 und S. 657 (1908).

[2]) Zur Demonstration der Wassersynthese, Chemiker-Zeitung, Bd. 33, S. 345 (1909).



1658 zum Vorläufer hat. Dieser Auffassung kann man allerdings nicht ohne weiteres zustimmen, wie ich an anderer Stelle gezeigt habe[1]). Ferner empfiehlt derselbe Verfasser einen Apparat zur Demonstration der Wassersynthese, der aus Glas gefertigt ist und im übrigen dem meinen fast vollkommen gleicht. Nach den eigenen Angaben des Autors erhält man damit in einer halben Stunde 15—18 cm^3 Wasser. Abgesehen von dieser minimalen Wasserbildung, die in dem geringen Wärmeleitungsvermögen des Glases ihre Ursache hat, erscheint der Apparat für den praktischen Gebrauch auch deshalb sehr wenig geeignet, weil die Zerbrechlichkeit des in dem Versuch stark beanspruchten Materials jede Gewähr für einen korrekten Verlauf der Vorführung vollkommen illusorisch macht.

Für die Praxis.

Die Gewinnung des Sonnenblumenmarks. Von **Bruno Kolbe** in St. Petersburg. Vor dem früher[2]) gebräuchlichen Holundermark hat für elektrische Pendel das Sonnenblumenmark (Helianthus annuus L.) folgende Vorzüge: Es ist bedeutend leichter, kann in größeren Stücken (bis 3,5 cm Durchmesser) erhalten werden und hat eine schöne weiße Farbe. Auch lassen sich die Kugeln leicht färben. [Zur Herstellung der Kugeln bedarf man eines sehr scharfen Messers. Die Kanten werden mit Glaspapier (Nr. 000) leicht abgeschliffen.]

Nachdem ich anfangs bei der Gewinnung des Sonnenblumenmarks Mißerfolge hatte, indem das Mark beim Trocknen im Innern radiale Risse erhielt, kam ich in folgender einfacher Weise zum Ziel.

Wenn die Samenreife eingetreten ist, entfernt man den Blütenkopf (Fruchtboden) und rammt in etwa 20 cm Abstand vom Stamme 3 Holzstöcke von 1,5 m Länge ein und befestigt durch Schnüre oben den Stamm an den 3 Stöcken. An einem sonnigen Tage sägt man eine Kerbe nahe der Erde in das Holz des Stammes, so daß das Mark etwas verletzt wird. Je nach der Witterung, nach 1 oder 2 Tagen, sägt man etwas höher seitlich eine zweite Kerbe ein usw., bis nach der 5. oder 6. Kerbe die holzige Masse des Stammes ringsum durchgesägt ist. Unterdessen haben die Blätter zu welken begonnen. Wenn sie schon trocken werden, sägt man den Stamm ab, teilt ihn in ca. 20 cm lange Stücke und läßt diese an einem lauwarmen Orte völlig austrocknen. Darauf entfernt man die Holzschicht.

Mit einer feinen Laubsäge kann man leicht Platten von 5—8 mm Dicke herstellen, aus denen man mit Hilfe einer Blechschablone regelmäßige Fünfecke schneidet. Durch Schleifen auf Sandpapier gibt man diesen die Gestalt schwach abgestumpfter fünfseitiger Pyramiden. Aus solchen läßt sich durch Leimen mit Synthetikon (wobei man das folgende Stück erst anleimen darf, wenn das vorige festgetrocknet ist) eine Hohlkugel von 6—8 cm Durchmesser herstellen. Die Unebenheiten werden mit feinem Glaspapier abgeschliffen. — Mit geschlagenem Eiweiß und Aluminiumfolie kann man hübsche leitende und dabei sehr leichte Kugeln (z. B. zum elektrischen Horizontalpendel) erhalten. (Am bequemsten ist es, wenn man zwei möglichst gleiche (hohle) Halbkugeln herstellt und diese aneinanderpaßt und zusammenleimt.) Die nach dem Bekleben vorstehenden Stücke Aluminiumfolie werden nach dem völligen Trocknen mit einem Wattebausch abgerieben.

[1]) Vgl. Chemiker-Zeitung, Bd. 33, S. 413 (1909).

[2]) In England scheint das Sonnenblumenmark nicht bekannt zu sein. (Vgl. die Fußnote des englischen Herausgebers in An Introduction to Electricity, p. 5.)



Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Messender Versuch über die Abhängigkeit der Schwingungsdauer eines Pendels von der Beschleunigung[1]. Von Otto Krüger. Zu dem Versuch dient eine Atwoodsche Fallmaschine; an dem einen Ende des Fadens hängt ein Messingwagen (Fig. 1), an dem das Pendel, eine Messingstange mit Bleikugel, angebracht ist. Der Wagen bewegt sich zwischen zwei vertikalen, straff gespannten Messingdrähten, deren Abstand gleich der Breite des Wagens ist; die Führung wird durch je zwei genutete Messingrollen vermittelt. Durch diese Einrichtung wird der Wagen am Mitschwingen verhindert. An dem anderen Ende des Fadens hängt ein auf der Wagschale genau ausgeglichenes Gegengewicht.

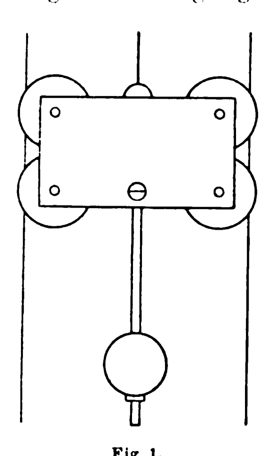


Fig. 1.

Auf der mit Schraubenwindungen versehenen Pendelstange befindet sich eine Schraube, durch die es möglich ist, die Länge des Pendels und damit seine Schwingungsdauer zu ändern. Um dem Pendel nun eine bestimmte Eigenbeschleunigung zu geben, wird entweder der Wagen oder das Gegengewicht mit einem Übergewicht belastet und dadurch das Pendel entweder nach unten oder nach oben getrieben. Um den Stoß beim Anschlagen an das obere oder untere Ende der Fallmaschine zu mildern, versieht man den Wagen oben mit einer aus zwei starken Stahlfedern von der Form)(bestehenden Bremsvorrichtung und entsprechend das Gegengewicht mit einer großen Schraubenfeder.

Die Schwingungen des Pendels werden auf einem an der Fallmaschine befestigten Papierstreifen aufgezeichnet. Zu diesem Zweck ist die Bleikugel des Pendels mit einem Pinsel versehen (Fig. 2), dem durch eine Kapillare Tinte zugeführt wird. Die aufgezeichnete Kurve ermöglicht in bekannter Weise, die Beschleunigung des fallenden oder steigenden Pendels zu bestimmen; bewegt sich das Pendel einmal aufwärts, dann abwärts mit der gleichen Beschleunigung a, so gelten für die Schwingungsdauer die Gleichungen

$$T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g-a}} \quad \text{und} \quad T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g+a}},$$

es ist also

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{g+a}{g-a} = 1 + 2\frac{a}{g}.$$

Nun sind aber die den Kurven entnommenen Werte von a beim sinkenden und

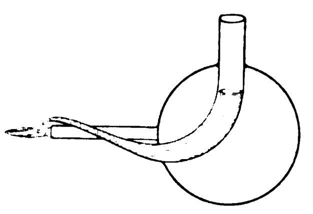


Fig. 2.

beim steigenden Pendel einander scheinbar nicht gleich, da sie nach verschiedenen Zeiteinheiten, nämlich nach den Schwingungszeiten T_1 und T_2 des Pendels, gemessen sind, und es ist derselbe Weg

$$s = \frac{a_1}{2}n_1^2 = \frac{a_2}{2}n_2^2 = \frac{a}{2}n^2,$$

wenn n_1 die Anzahl der Zeiteinheiten T_1, n_2 die von T_2, und n die Anzahl der Sekunden ist. Demnach

$$a_1 : a_2 = n_2^2 : n_1^2.$$

Nun ist aber $n_1 T_1 = n_2 T_2 = n$, also

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{n_2^2}{n_1^2} = \frac{a_1}{a_2}.$$

Durch die Messung von a_1 und a_2 ist also auch das Verhältnis $T_1^2 : T_2^2$ experimentell ermittelt und mit dem theoretisch berechneten Wert vergleichbar.

Bei einer Versuchsreihe war das Übergewicht 50 g, die Beschleunigung nach oben bzw. nach unten 25,5 cm/sec² mit Hilfe einer Stechuhr beobachtet. Daraus folgte

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{981+25,5}{981-25,5} = 1,053.$$

Andererseits wurden aus den Kurven abgelesen eine ganze Reihe von (14) Wegstrecken s_n und zugehöriger Zahl n der

[1]) Physikal. Zeitschr. 10, Nr. 7, S. 225.

Pendelschwingungen, daraus durch Rechnung gefunden die Werte $\frac{a_1}{2}$ und $\frac{a_2}{2}$. Die Mittelwerte waren in einer Beobachtungsreihe $\frac{a_1}{2} = 3{,}461$, $\frac{a_2}{2} = 3{,}284$, also

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{3{,}461}{3{,}284} = 1{,}054.$$

Aus einer zweiten Reihe ergab sich

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{3{,}420}{3{,}239} = 1{,}056.$$

Der Mittelwert aus beiden, 1,055, weicht nur um 2 Promille von dem berechneten ab. Der kleine Fehler wird daraus erklärt, daß die Reibung nicht konstant ist, sondern mit der Beschleunigung im allgemeinen wächst. *P.*

Ein hydrostatischer Versuch. Von W. N. Mumper, New Yersey State Normal Sch., Trenton. (*School Science and Math., Vol. IX, Nr. 3*, March 1909.) Man nimmt ein Demonstrationsaräometer (oder einfach einen Holzstab von etwa 25 cm Länge) und beschwert das eine Ende mit Blei, bis das Instrument in Kerosin untersinkt, in Wasser dagegen zu etwa $^{11}/_{12}$ seines Volumens eintaucht. Man setzt nun das Instrument in ein zylindrisches Standglas, worin gerade so viel Wasser enthalten ist, daß es darin schwimmen kann (Fig. 1). Dann gießt man auf das Wasser so

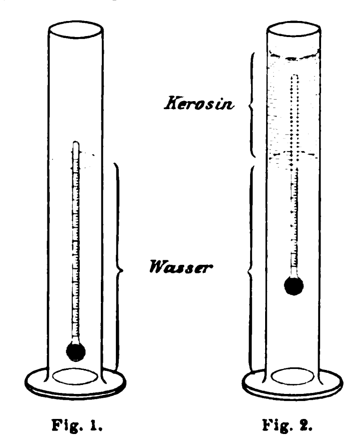


Fig. 1. Fig. 2.

lange Kerosin, bis das Instrument ganz davon bedeckt ist (Fig. 2). Der Versuch gibt zu folgenden Überlegungen Anlaß: 1. Warum steigt das Instrument beim Aufgießen des Kerosins, obwohl letzteres direkt nur gegen die Seiten drückt? 2. Warum steht es am höchsten, wenn es ganz mit Kerosin bedeckt ist? 3. Welche Beziehung besteht zwischen dem Gewicht des Instruments und dem Gewicht des verdrängten Wassers und Kerosins in Fig. 2?

Effektivwert und galvanometrischer Mittelwert des Wechselstromes. Von K. Hoerner[1]).

Der Nachteil der im vorigen Heft (S. 181) unter obiger Überschrift beschriebenen Anordnung, daß eine praktisch kaum vorkommende Kurvenform verwendet wird, kann durch eine weitere Ausbildung der Unterbrecherwalze vermindert werden. Durch abwechselnde Vorschaltung von Widerständen können die Augenblickswerte der Voltmeterspannung auf verschiedene Werte zwischen

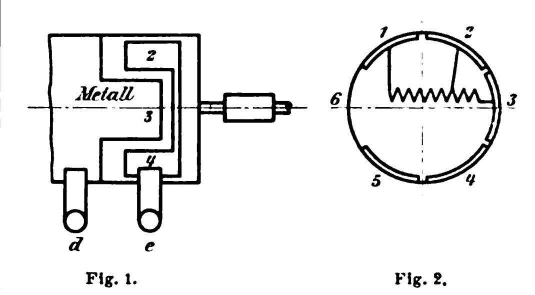


Fig. 1. Fig. 2.

dem Null- und dem Höchstwert gebracht, kann also die Kurve abgestuft werden, so daß sie beispielsweise die in Fig. 3 ausgezogene Form annimmt, welche sich der reinen Sinuskurve in einem für unseren Zweck bereits hinlänglichen Maße nähert.

Man bringt auf der Walze neben dem geschlossenen Ring isolierte Kontaktstücke an, in unserem Fall (vgl. Fig. 1 u. 2) fünf solche von je nahezu einem Sechstel des

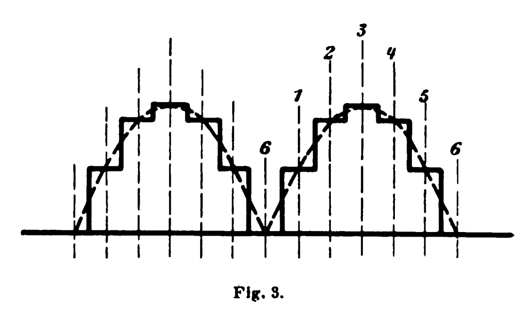


Fig. 3.

Walzenumfanges, verbindet das Stück 3 mit dem geschlossenen Ring (Fig. 3 auf S. 182), ferner 1 mit 5 und 2 mit 4 und legt zwischen 1 und 3 bzw. 2 und 3 einen auf der Walze untergebrachten Widerstand. Ferner fügt man eine weitere Bürste hinzu, welche bei Drehung der Walze nacheinander über die Kontaktstücke 1 bis 5 und das isolierte Stück 6 der Walze schleift. Hierdurch wird den beiden Voltmetern, die in Parallelschaltung einer-

[1]) Nachtrag des Verfassers zu dem Bericht in Heft 3, S. 181.

seits direkt, andrerseits über die Bürsten *d* und *e* (vgl. Fig. 1) an der Gleichstromquelle liegen, eine bei jeder Umdrehung in sechs symmetrischen Absätzen sich ändernde Spannung zugeführt, deren Augenblickswerte bei langsamer, deren Mittelwert bei rascher Drehung abgelesen werden können.

Angenommen, es stünde ein Hitzdrahtinstrument und ein Drehspulinstrument von je 15 Volt Meßbereich und Gleichstrom von 12 Volt Spannung zur Verfügung.

Der Strom in ersterem sei bei vollem Ausschlag 0,3 *A*, der Widerstand also 50 Ω, für das zweite seien die ebenfalls gebräuchlichen Werte 0,03 *A* und 500 Ω eingesetzt, so daß der Widerstand der beiden parallel geschalteten Instrumente 45,5 Ω beträgt. Zur Erzielung der in Fig. 3 dargestellten abgestuften Kurvenform muß die Spannung an den Instrumenten in den Stellungen 1 und 5 auf die Hälfte, also auf 6 Volt, in den Stellungen 2 und 4 auf den Wert $12 \times 0{,}86 = 10{,}3$ Volt herabgesetzt werden; es ist also in unserem Beispiel zwischen Kontakt 1 bzw. 5 und das geschlossene Ringstück ein Widerstand von 45,5 Ω, zwischen 2 bzw. 4 und dieses ein solcher von rund 7 Ω zu legen. Da für den Vorschaltwiderstand bei Verwendung von Konstantan oder ähnlichem Material eine Drahtstärke von 0,3 bis 0,2 mm und wenige Meter Länge ausreichen, kann derselbe leicht in oder auf der Walze untergebracht werden.

Bei rascher Drehung der in dieser Weise ausgeführten Walze nehmen beide Voltmeter einen konstanten Ausschlag an, und zwar zeigt

das Drehspulvoltmeter . . . rund 7,5 Volt
das heißt . . . . $0{,}62 \times 12$ -
das Hitzdrahtvoltmeter . . . . 8,5 -
das heißt . . . . $0{,}71 \times 12$ -

ersteres den galvanometrischen Mittelwert, letzteres den Effektivwert.

Die Abweichung der so bestimmten Faktoren 0,62 und 0,71 von den für Sinusform sich ergebenden, 0,637 und 0,707, ist für den Schulversuch nicht von Bedeutung, sie kann durch Anwendung einer größeren Zahl von Kontaktstücken und Widerstandsstufen beliebig verringert werden.

Das Wesen der beiden Mittelwerte dürfte durch die angegebene Anordnung, deren Versuchsergebnisse sich leicht durch Aufzeichnung und Ausmessung der Kurven prüfen lassen, in einfachster Weise zu erläutern sein.

2. *Forschungen und Ergebnisse.*

Lichtelektrische Wirkungen. Von Versuchen aus diesem Gebiet sei zunächst noch über eine ältere Arbeit berichtet, in der O. Rohde das lichtelektrische Verhalten von Farbstoffen und Metallsulfiden beschrieben hat[1]). Zunächst untersuchte er Farbstofflösungen, die in einer Schale belichtet wurden. Es waren Lösungen von Fuchsin und Methylviolett in Wasser; die Belichtung erfolgte durch die Funkenstrecke eines Induktoriums. Es zeigte sich, daß die lichtelektrische Wirkung mit der Zeit wesentlich zunahm. Genauere Versuche ergaben, daß diese Zunahme auf einer allmählich zunehmenden Konzentration der Oberfläche beruht, die bis zur Ausscheidung festen Farbstoffes geht. Alkoholische Lösungen, deren Oberflächen unveränderlich klar bleiben, zeigten sich lichtelektrisch so gut wie unwirksam. Dagegen ergaben die festen Farbstoffe im wesentlichen die gleiche Wirkung wie die alten wäßrigen Lösungen.

Die Metallsulfide erwiesen sich ebenfalls sämtlich als lichtelektrisch wirksam, besonders diejenigen von *Pb*, *Cu*, *Mn*, *Ag*, *Bi*, *Ni*, *Sb*, *Zn*. Für die Größe des Effekts derselben Substanz ist unter sonst gleichen Verhältnissen ohne Einfluß die Art ihrer Darstellung; dagegen wird sie wesentlich bedingt durch die Oberflächenbeschaffenheit — insbesondere Rauhigkeit —, Dichte und molekulare Struktur, z. B. die Kristallform. Da nach den Untersuchungen von Lenard und Klatt die Metallsulfide integrierende Bestandteile der Erdalkaliphosphore sind, so schien dem Verf. die Vermutung gerechtfertigt, daß die aus diesen Sulfiden unter dem Einfluß des Lichtes ausgestrahlten negativen Elektronen zugleich als die Phosphoreszenzerreger jener Präparate anzusehen sind.

Diese Vermutung wird durch neue Untersuchungen von P. Lenard und Sem Saeland bestätigt[1]). Die Verff. fanden bei einer Anzahl von Phosphoren ausschließlich dieselben Wellenlängen lichtelektrisch erregend, die auch deren Phosphoreszenzbanden erregen, wobei absichtlich solche Phosphore gewählt wurden, bei denen möglichst extrem verschieden gelegene Spektralbezirke erregend wirkten. Der Phosphor

[1]) Ann. d. Physik **19**, 942 (1906).

[1]) Ann. d. Physik **28**, 476 (1909).

befand sich in einer Schale innerhalb eines Schutzzylinders aus Messing, der eine mit Platinnetz bedeckte Öffnung hatte; das ganze war in eine mit der Luftpumpe verbundene Glasröhre eingeschlossen. Die Belichtung erfolgte mit einer Nernstlampe, deren Strahlen durch einen Kondensor auf dem Phosphor konzentriert wurden. An den Messingzylinder wurde eine konstante Spannung von + 300 Volt angelegt; die den Phosphor enthaltende Schale war mit dem Elektrometer in Verbindung. Sobald die Belichtung einsetzte, zeigte das Elektrometer den Verlust negativer Elektrizität am Phosphor an, doch hörte die Wirkung bald wieder auf. Das liegt z. T. an der geringen Leitfähigkeit der Phosphore — die eine positive Oberflächenladung erzeugt —, z. T. aber, wie die Verff. ausführen, daran, daß die lichtelektrische Wirkung nicht auf den ganzen Phosphor ausgeübt wird, sondern nur auf jene Molekülgruppen („Zentren"), die aus Atomen des wirksamen Metalls, des Erdalkalimetalls und des Schwefels bestehen, die auch Zentren der Absorption des wirksamen Lichts sind. Diese Zentren nehmen positive Ladung an und erzeugen lokale Felder, die das äußere Feld lokal überwiegen und die Wirkung zum Stillstand bringen. Die Verff. nennen das „elektrische Polarisation der Zentren". Versuche mit Präparaten von verschiedener Phosphoreszenzfähigkeit zeigten, daß diese immer mit der lichtelektrischen Wirkung übereinstimmt. Hat die Wirkung aufgehört, so kann sie durch längere Ruhe oder durch Erhitzen des Phosphors regeneriert werden; auch vorherige negative Ladung durch Kathodenstrahlung läßt die lichtelektrische Wirkung deutlicher hervortreten.

Was die Wirkung verschiedener Farben anlangt, so zeigte sich, daß rotes Licht bei keinem Phosphor lichtelektrisch wirksam war; nicht phosphoreszenzerregendes Licht ist also auch lichtelektrisch unwirksam. Die Belichtung erfolgte bei diesen Versuchen durch Gläser und Gelatinen von verschiedener Farbe; die Wirkung des farbigen Lichtes wurde in Prozenten des weißen berechnet und mit der Erregungsverteilung der Phosphoreszenzbanden verglichen. Es zeigte sich, daß die Stärke der beobachteten lichtelektrischen Wirkungen sich jedesmal nach der von dem betreffenden Farbenglas durchgelassenen Menge des phosphoreszierenden Lichtes richtet. Das galt auch für ultraviolette Strahlen, die z. B. den Ca-Pb-Phosphor vorwiegend erregen, und die bei Benutzung eines Quarzkondensors bei demselben Stoffe auch lichtelektrisch besonders wirksam waren.

Eine andere, von der eigentlichen lichtelektrischen Wirkung unabhängige Erscheinung trat gerade bei roter Belichtung der Phosphore ein. Die Elektrometernadel bewegte sich im Sinne des angelegten elektrischen Feldes, ob der Phosphor positiv oder negativ geladen war. Violettes Licht brachte diesen Gang bei positiver Ladung des Phosphors nicht hervor, weißes Licht wirkte wie rotes. Die Verff. bezeichnen diese Wirkung als „aktino-dielektrisch" und erklären sie durch eine dielektrische Verschiebung mit Rückstandsbildung bzw. durch kurzdauernd verstärktes Leitvermögen. Das rote Licht wirkt auf die erregten Phosphore auslöschend, wobei Energie absorbiert wird. Die „Zentren" werden durch das rote Licht in denselben Zustand versetzt, in den sie auch durch Erhitzen des Phosphors gelangen; damit ist aber auch elektrische Leitfähigkeit verbunden.

Von dem Mechanismus der Phosphoreszenz haben die Verff. sich folgende Vorstellung gemacht: „Die Erregung eines Phosphors, sei es durch Licht- oder Kathodenstrahlen, besteht in der Polarisation der Zentren, d. h. in dem bleibenden Austritt von Elektronen aus Metallatomen der Zentren. Es treten aber dabei mehrere Elektronen aus dem Metallatom aus, und die Lichtemission erfolgt bei der Rückkehr der Elektronen, während mindestens eins derselben in dem betreffenden Metallatom noch fehlt. Diese Vorstellung erklärt auch die eigentümlichen Temperaturzustände der Phosphoreszenzbanden und die Stokessche Regel." *Schk.*

Aus der Magnetik. Die magnetischen Eigenschaften der Metalle sind in verschiedenen Verbindungen oftmals recht verschieden. P. Pascal[1]) findet aus zahlreichen Versuchen, die er nach der Steighöhenmethode mit Lösungen von Doppelsalzen des Eisens, Kobalts, Mangans, Chroms, Kupfers, Quecksilbers, Magnesiums, Vanadiums und Urans anstellt, daß beim Eintritt in ein Doppelsalz oder in den kolloidalen Zustand das Metall einen um so größeren Verlust an seinem Paramagnetismus erleidet, je mehr die chemischen Eigentümlichkeiten des Metalls in dieser Bindung zurücktreten. Es kann sogar an die Stelle des ursprünglichen Paramagnetismus Dia-

[1]) C. R., Bd. 147, S. 56, 242, 742, 1290; 1908.

magnetismus treten. Verf. weist darauf hin, daß durch dieses Verhalten die Notwendigkeit, Erze vor der magnetischen Aufbereitung zu rösten, verständlich wird. Er findet ferner eine einheitliche Formel für die Atomsuszeptibilität der Metalloide in den drei von Chlor, Schwefel und Phosphor geführten Gruppen des periodischen Systems. Sie besteht aus einem konstanten Glied, dessen Wert in allen drei Gruppen fast derselbe ist, und einem zweiten Glied, das außer dem Atomgewicht eine nur von der Wertigkeit abhängige Konstante als Faktor enthält.

Bei einigen natürlichen Eisenerzen wie auch beim eisenhaltigen gebrannten Ton ist remanenter Magnetismus bekannt. G. Berndt[1]) gibt genaue Werte für die Hysteresis bei pulverförmigem Eisenoxyd und Eisenhydroxyd. In 200 Gauß Feldstärke stieg die Magnetisierung auf 0,2 Einheiten, wovon 12 und 9 Hundertstel remanent blieben; etwa im gleichen Verhältnis stand die Koerzitivkraft zur angewandten Feldstärke. Die Hysteresisarbeit im Kubikzentimeter betrug etwa 10 Erg. Bei einigen Eisensalzen wurde vergeblich nach Hysteresis gesucht.

Die magnetischen Nachwirkungen im Eisen sind im vorigen Jahre Gegenstand sehr eingehender und erfolgreicher Untersuchungen gewesen, sowohl was die Erkenntnis dieser teils vorübergehenden, teils bleibenden Erscheinungen als auch die Beseitigung der letzteren für Prüfungszwecke angeht. H. Tobusch[2]) findet bis zu 0,05 Gauß die Formeln der Wiechertschen Theorie der elastischen Nachwirkung geeignet zur Darstellung der magnetischen, ferner bis zu 0,01 Gauß die Magnetisierung der Feldstärke proportional. Ch. Maurain hat sich seit 1904 wiederholt mit den Hilfsmitteln beschäftigt, durch die man den Einfluß der Hysteresis auf die Magnetisierungskurve derartig beseitigen kann, daß man statt der gewohnten Hysteresisschleife, die für dieselbe Feldstärke bei zunehmendem und abnehmendem Strom verschiedene Magnetisierungswerte gibt, in beiden Fällen dieselben Werte, also eine anhysteretische Magnetisierungskurve erhält. Außer Erschütterungen eignen sich für diesen Zweck übergelagerte Wechselfelder verschiedener Art[3]), wiederholte, hinreichend ausgiebige Torsionen nach beiden Seiten[4]) und

[1]) 80. Vers. d. Naturf. u. Ärzte, Köln 1908.
[2]) Ann. d. Phys. (4), Bd. 26, S. 439.
[3]) C. R., Bd. 138, S. 751, 1904.
[4]) Journ. de Phys. (4), Bd. 6, S. 380, 1907.

wiederholt ab- und zunehmende Zugbelastungen der Probe[1]). Die in allen diesen Fällen erhaltenen Kurven sind zwar jede für sich eindeutig, sie stimmen aber untereinander nicht überein, so daß man wohl annehmen muß, daß die Moleküle im Eisen verschiedene Gleichgewichtslagen annehmen können.

W. Burrows[2]) untersucht die Frage, in welcher Weise man Eisenstäbe entmagnetisieren muß, um für ihre Prüfung stets ein und denselben Anfangszustand wieder herzustellen, was auch die Probe vorher in magnetischer Hinsicht erlitten haben mag. In sehr eingehender Weise untersucht er 50 cm lange Stahlstäbe von 6 mm Durchmesser und ebenso lange Eisenblechstreifen, die paarweise durch Querstücke zu einem Joch vereinigt werden, ballistisch, nachdem sie in verschiedener Weise vorbehandelt sind. Als sichere Entmagnetisierungsmethode gibt er an: Man soll ein abnehmendes wechselndes Feld anwenden, das mit einem mindestens zu wählenden Höchstwert, der „kritischen entmagnetisierenden Kraft“, die übrigens auffallend niedrig ist (Eisen 2 Gauß, Stahl 15 Gauß), beginnt und in langsamen Polwechseln zu der geringsten bei den Messungen anzuwendenden Feldstärke abfällt. Bei seinen Proben mußte der Abfall auf wenigstens 100 Polwechsel und 90 Sekunden verteilt werden, vorausgesetzt, daß die Feldabnahme so eingerichtet wurde, daß die Induktion gleichmäßig abfiel.

Den Einfluß von Erschütterungen auf den remanenten Magnetismus untersucht James Russell[3]). An einen meterlangen weichen Strahldraht von 1 mm Dicke war eine Klingel gelötet, auf die er aus verschiedener Höhe Stahlkugeln fallen ließ. Im allgemeinen ändert sich durch Erschütterung die Magnetisierung, die übrig bleibt, wenn man von einer größeren Feldstärke auf eine geringere zurückgeht. Es ließ sich jedoch in jedem Falle eine solche Intensität der Erschütterungen ausfindig machen, daß die Magnetisierung ungeändert blieb. Geringere Erschütterungen vermehrten, größere verminderten den Magnetismus. Ganz gleichartige Ergebnisse wurden erhalten, wenn statt der mechanischen Erschütterungen die elektrischen Wellenzüge eines kleinen Teslatransformators in wechselnder Stärke durch den Draht geleitet wurden.

Eine für permanente Magnete sehr wich-

[1]) Journ. d. Phys. (4), Bd. 7, S. 497, 1908.
[2]) Bull. Bureau of Standards, Bd. 4, S. 205.
[3]) Proc. Roy. Soc. Edinburgh 29, S. 1—37.

tige Feststellung macht R. Gans[1]). Wenn man beim Durchlaufen der Hysteresiskurve irgendwo das Feld um einen kleinen Betrag rückwärts ändert, so ist die entsprechende Änderung der Magnetisierung geradlinig aufzutragen, und wenn man die angeführte kleine Feldänderung beliebig unterteilt und hin und zurück durchläuft, so findet man die entsprechende Änderung der Magnetisierung frei von Hysteresis (reversibel). Wie groß hierbei die genannte Feldänderung sein darf, hängt unter anderem von der Gestalt der Magnete ab.

Die Hysteresis in wechselnden und in rotierenden Feldern vergleichen P. Weiß und V. Planer[2]) mit einem Apparat, der bis zu Feldstärken von 10000 Gauß beide Messungen an derselben mehrere Zentimeter großen scheibenförmigen Probe auszuführen gestattet. Die kreisförmige Scheibe wird entweder senkrecht oder flach zwischen den Polen an einer Torsionsfeder aufgehängt und der Magnet um diese Probe gedreht. Pyrrhotinscheiben bestätigten im wesentlichen die in früheren Jahren auf anderem Wege erhaltenen Ergebnisse. Bei Scheiben aus Eisen, Stahl und Nickel zeigte sich, daß in schwachen Feldern die rotierende Hysteresis bis zu viermal so groß war als die im Wechselfeld; sie ging dann bei steigendem Felde durch ein Maximum, das etwas über dem Grenzwert lag, den die Wechselhysteresis in stärksten Feldern erreicht, und fiel dann wieder bis auf Null ab, wenn das Feld noch weiter gesteigert wurde.

Wiederholt ist, besonders in der Technik, von einer Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Magnetismus im Eisen geredet worden. J. Kühle[3]) zeigt durch genaue Messungen an einem 2,4 m langen Bündel von Eisendraht, das mit einer schmalen Spule in der Mitte durch Wechselstrom magnetisiert wurde, daß der endliche Wert der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Magnetismus im Eisen ausschließlich durch die Wirbelströme bedingt wird.

W. Vn.

[1]) Ann. d. Phys. (4), Bd. 27, S. 1.
[2]) Journ. de Phys. (4). Bd. 7, S. 5—27, 1908.
[3]) Diss. Aachen 1908.

Aus der Magnetooptik (vgl. diese Zeitschr. **21**, 401 und **22**, 133). Zum erstenmal, seit die magnetische Aufspaltung der Spektrallinien bekannt ist, wurde in dem vergangenen Jahr die Form des Zeemaneffektes aufgefunden, die man nach der Lorentzschen Theorie allgemein erwartet hatte. W. Lohmann[1]) hat sie beim Helium, und zwar bei allen seinen Linien, gefunden. Die Aufspaltung hat solche Größe, daß sie auf denselben Wert des Verhältnisses der Ladung zur Masse schließen läßt, den wir von den Kathodenstrahlen und Becquerelstrahlen her kennen, während die einfachsten bis dahin bekannten Teilungen genau den doppelten Wert gegeben hatten. Lohmann hat ferner[2]) mit dem Stufengitter in Feldern bis zu 20000 Gauß den Zeemaneffekt bei Na, Hg, Ne, Kr und Ar durchgemessen und bei dieser Gelegenheit einige neue Teilungen aufgefunden. Etwa dieselben Messungen machte J. E. Purvis[3]) mit beträchtlich geringeren Hilfsmitteln. Burton Evans Moore[4]) hat am großen Göttinger Gitter in Feldern bis zu 24400 Gauß einige Hundert Linien von Ba, Y, Zr und Os durchgemessen. An demselben Apparat hat R. Jack[5]) die linienreichen Spektra des Mo und Wo studiert. Beide Beobachter fanden zahlreiche neue Teilungen, beide suchten vergeblich in den komplizierteren Teilungen Fingerzeige zur Auffindung neuer Serien, beide fanden die Rungesche Regel gut bestätigt. Jack macht an seinem Material auf die große Anzahl von nur einmal vorkommenden Teilungen aufmerksam sowie auf die sehr große Komponentenzahl (bis zu 19) vieler Wolframlinien. Ganz besonders verwickelte Verhältnisse liegen nach Messungen von B. E. Moore[6]) am großen Göttinger Gitter beim Thorium vor: Unsymmetrien der Lage und Intensität, ungleiche Komponentenzahl links und rechts von der Mitte, Unsymmetrien der Komponentenbreite, endlich eine Bevorzugung bestimmter Polarisationsrichtung ohne merkliche Zerlegung oder Verschiebung der Linie. Die genaue Festlegung der Konstanten des Phänomens haben sich Paul Gmelin[7]) und H. Nagaoka und S. Amano[8]) angelegen sein lassen. Den beiden japanischen Forschern ist es gelungen, durch passende Auswahl der Selbstinduktion und Kapazität im Entladungskreise zwei Goldlinien, eine Kupfer- und eine Magnesiumlinie so scharf zu erhalten, daß ihre Aufspaltung bis zu 240 Gauß herab mit dem

[1]) Phys. Zeitschr. **9**, 145—148, 208, 1908.
[2]) Zeitschr. für wissensch. Photographie **6**, 1—24, 41—60, 1908.
[3]) Proc. Cambr. Phil. Soc. **15**, 45—52, 1908.
[4]) Ann. d. Phys. (4) **25**, 309—345, 1908.
[5]) Ann. d. Phys. (4) **28**, 1032—1066, 1909.
[6]) Phys. Zeitschr. **9**, 297—307, 1909.
[7]) Ann. d. Phys. (4) **28**, 1079—1087, 1909.
[8]) Phys. Zeitschr. **10**, 159—162, 1909.

Stufenspektroskop meßbar blieb. Gmelin hat an Quecksilberlinien bis zu 3500 Gauß hinab die Messungen von Anna Stettenheimer weitergeführt und dabei die Sicherheit der magnetischen Messung noch weiter gefördert. Die Zusammenstellung der besten Messungen zeigt, daß die Werte jetzt bis auf zwei Tausendstel verbürgt werden können.

Auf der 80. Naturf.-Versammlung (Köln 1908) teilte Zeeman mit, daß der Astronom Hale im Spektrum der Sonnenflecke, die mitten auf der Sonne standen, Aufspaltung der Linien in zwei zirkulare Komponenten und bei Flecken am Rande Aufspaltung in drei lineare Komponenten gefunden habe. Hierdurch angeregt, hat Frau H. B. van Bilderbeek-van Meurs[1]) den Zeemaneffekt für mehr als 100 Eisenlinien in allen Gebieten des Spektrums möglichst genau gemessen. Es wird künftig auf Grund dieser Messungen möglich sein, die in den Fleckengebieten bestehenden, nach Hales Entdeckung sehr bedeutenden magnetischen Feldstärken zu messen; jedenfalls ist jetzt schon die Bedeutung der Sonnenflecken für die erdmagnetischen Störungen durch diese Entdeckung wesentlich klarer geworden.

P. Zeeman[2]) stellt weitere Untersuchungen über die Unsymmetrie der gelben Quecksilberlinie mit Hilfe des Stufengitters und zweier versilberter Luftplatten an. Das Ergebnis ist, daß die Unsymmetrie durch die Verschiebung der Mittellinie hervorgebracht wird. Dasselbe findet gleichzeitig Gmelin[3]) mit dem Stufengitter und stellt außerdem fest, daß im Gegensatz zu der von Voigt vorausgesagten Unsymmetrie die beobachtete mit dem Quadrate der Feldstärke zunimmt. Zeeman[4]) bestätigt dies durch Messungen mit der Luftplatte. Jack[5]) findet in seinen am Göttinger Gitter gewonnenen Photogrammen zahlreiche Linien mit unsymmetrischer Tripletspaltung, von denen ein großer Teil nur durch die polarisierenden Eigenschaften des Gitters vorgetäuscht wird. Nach Ausscheidung dieser bleiben aber noch einige Fälle verschiedenen Charakters von wirklicher Unsymmetrie übrig. Voigt[6]) macht darauf aufmerksam, daß diese Unsymmetrien sämtlich viel größer sind als

[1]) Versl. Amsterdam **17**, 220—221, 1908.

[2]) Phys. Zeitschr. **9**, 340—344, 416. 1908; **10**, 217—221, 1909.

[3]) Phys. Zeitschr. **9**, 212—214, 1908.

[4]) Proc. Amsterdam **11**, 473—477, 1908.

[5]) Proc. Roy. Soc. Edinburgh. **29**, 75—83, 1908.

[6]) Phys. Zeitschr. **9**, 353—354, 1908.

die, welche er aus der Theorie des einzelnen schwingenden Elektrons erschlossen hat, und daß auch noch andere Unterschiede vorliegen. Aus der Theorie der gekoppelten Elektronen ergeben sich starke Verschiebungen sowohl der Außenkomponenten wie auch der Mittellinie, die einzeln und gemeinsam auftreten und sowohl nach abnehmenden wie nach wachsenden Wellenlängen hin geschehen können. Die von Voigt zuerst angekündigte Unsymmetrie sollte in schwachen Feldern am auffälligsten sein; deshalb bemühten sich O. v. Baeyer und E. Gehrcke[1]), diese Erscheinung mit dem äußerst leistungsfähigen Lummerschen Interferenz-Plattenspektroskop bei geringen Feldstärken an einigen Quecksilberlinien aufzufinden, jedoch ohne Erfolg.

Zwei Arbeiten des vorigen Jahres sind geeignet, der Magnetooptik eine ganz neue theoretische Grundlage zu geben; es sind das die Berechnungen von W. J. Humphreys[2]) und besonders die von W. Ritz[3]). Humphreys knüpft an Untersuchungen von Richardson (1907) an, der die Verschiebung der Spektrallinien nach der roten Seite, welche bei starkem Gasdruck beobachtet wird, durch die Annahme erklären wollte, daß das schwingende, ein strahlendes Atom umgebende elektrische Feld die Elektronen benachbarter Atome in erzwungenen Schwingungen mitzuschleppen suche. Hierdurch wird (wie bei den durch eine belastete Schnur gekoppelten Pendeln) das treibende Elektron verlangsamt. Richardson schrieb die Wirkung dem elektrischen Felde zu, weil er das gleichzeitige magnetische nicht für stark genug hielt. Humphreys zeigt nun, daß aus diesem Ansatz eine von der beobachteten gänzlich abweichende Abhängigkeit der Verschiebung von der Wellenlänge folgen würde, und macht deshalb den Versuch, gerade aus den magnetischen Feldern der umlaufenden Elektronen die Linienverschiebung herzuleiten. Er gelangt zu einer guten Übereinstimmung mit der Erfahrung. Auf die beobachteten Ungleichmäßigkeiten in der Abhängigkeit von der Wellenlänge wirft die Bemerkung Licht, daß die Störung eines schwachen Feldes durch ein schwaches Feld von derselben Größenordnung sei wie die Störung eines starken Feldes durch ein starkes Feld; in beiden Fällen haben wir dieselbe Linienverbreiterung zu erwarten,

[1]) Verh. d. D. Phys. Ges. **10**, 357—365, 423 bis 428, 1908.

[2]) Astrophys. Journal **27**, 194—199. 1908,

[3]) Ann. d. Phys. (4) **25**, 660—696, 1908.

aber nur im zweiten eine starke Verschiebung des Linienschwerpunktes. Die abgeleiteten Formeln lassen bei Benutzung der stärksten beobachteten Linienverschiebungen berechnen, daß in der in Betracht kommenden Nachbarschaft der strahlenden Atome Feldstärken bis zu 45×10^7 Gauß wirksam sind, das ist zehntausendmal so viel, als unsere stärksten Elektromagnete hergeben. RITZ bezieht sich auf die Bemerkung von Lord RAYLEIGH (1897), daß die Serienformeln für Spektrallinien, die mit den Beobachtungen gut zusammenstimmen, mit der Elektronentheorie nicht recht im Einklang sind. Die Serienformeln stellen (entweder die Wellenlängen oder) die Schwingungszahlen zusammengehöriger Linien als Funktionen der aufeinander folgenden ganzen Zahlen dar. Leitet man die Formeln aus den Vorstellungen der Elektronentheorie her, so gehen wesentlich die Beschleunigungen in sie ein, und diese enthalten durch zweimalige Differentiation von $\sin n (t-t_0)$ nach der Zeit die Schwingungszahlen nicht selbst, sondern ihre Quadrate. RITZ bemerkt, daß dies daher kommt, daß die Elektronentheorie die Kräfte quasielastisch vom Orte des Elektrons abhängig macht, und daß der Zusammenhang sogleich der gewünschte wird, wenn man nicht den elektrischen Anziehungen, sondern den magnetischen Feldern der umlaufenden Elektronen die entscheidende Wirksamkeit beimißt. RITZ baut nun diese Vorstellung sogleich weiter aus. Die Feldstärken vor dem Pole eines Magneten berechnen sich als die Differenzen der reziproken Quadrate der Abstände vom näheren und entfernteren Pol. In dem Ausdruck für die Feldstärke eines Molekularmagneten liegt also im wesentlichen schon die Struktur der bestbeglaubigten Serienformeln. Immerhin ist damit erst ein Glied der Serie, das Anfangsglied, gegeben; man braucht aber nur mehrere Molekularmagnete aneinander zu reihen und die Felder zu berechnen, um die ganze Serie zu gewinnen. RITZ geht noch weiter, er untersucht den Einfluß verschiedener übergelagerter Magnetfelder und bringt dabei so ziemlich alle bisher sicher beobachteten Formen des Zeemaneffektes heraus. Dabei braucht er die ganzen Zahlen nur bis zur 4 in Anspruch zu nehmen, während Runge in seiner Regel bis zur 21 schon vorgeschritten ist. Zwar bestreitet JACK (s. o.) für etliche Linien des Wolframs, auf die die Rungesche Regel paßt, die Anwendbarkeit der Ritzschen Darstellung; aber in einigen sehr verwickelten Erscheinungen, die MOORE (s. o.) beim Thorium gefunden hat, versagt die Rungesche Regel, während RITZ[1]) sich mit den Beobachtungen recht gut abfinden kann. Sollte auch das von RITZ entworfene Bild noch erheblicher Ergänzungen bedürftig sein (aus dem bisherigen Material kann man das kaum schließen), so hat er auf jeden Fall neue grundlegende Gesichtspunkte beigebracht, die aus der Erörterung nicht wieder verschwinden können.

Der Kampf um die positiven Elektronen dauert fort, an ihm beteiligen sich besonders A. DUFOUR und J. BECQUEREL in mehreren Arbeiten in den Comptes Rendus. DUFOUR faßt seine Beobachtungen über unnormale Zeemaneffekte unter Beigabe schöner Abbildungen[2]) zusammen. So wertvoll auch diese besonders auf Bandenspektren bezüglichen Beobachtungen sind, einen Beweis für die Existenz positiver Elektronen stellen sie nicht dar; denn wie VOIGT[3]) gezeigt hat, kann man alle diese Abweichungen von der normalen (d. h. der zuerst anerkannten) Form des Zeemaneffektes durch die Annahme gekoppelter negativer Elektronen und im Falle der Kristalle durch eine nach den Achsenrichtungen verschiedene Wirksamkeit des magnetischen Feldes zutreffend darstellen. Man wird dies vorziehen, denn die Annahme positiver Elektronen begegnet den größten Schwierigkeiten. Die quasielastischen Kräfte, mit denen die Theorie bisher erfolgreich gearbeitet hat, sind verständlich, wenn man annimmt, daß das negative Elektron sich in einem Gebiet räumlich verteilter positiver Ladung befindet. Nimmt man nun die positiven Ladungen so in Anspruch, so hat man sie nicht mehr für die Elektronenform zur Verfügung. In der Theorie von RITZ würde ein Bedenken in dieser Form ja nicht bestehen; indessen solange man ohne die Annahme positiver Elektronen in recht einfacher Weise auskommt, liegt kein Grund für ihre Annahme vor. Für die scharfe Prüfung der Theorien wird sich die Sammlung recht verwickelter Erscheinungen gewiß sehr wertvoll erweisen, vorläufig ist ihre Aufzählung an dieser Stelle nicht zweckmäßig. Ebenso schiebt Referent den Bericht über das magnetooptische Verhalten stark abgekühlter Kristalle noch auf; es bestehen hier noch so starke Gegensätze in den umfangreichen Veröffentlichungen[4]), daß man wohl erst eine weitere

---

[1]) Phys. Zeitschr. **10**, 307, 1909.

[2]) Phys. Zeitschr. **10**, 124—138, 1909.

[3]) Proc. Amsterdam **11**, 360—366, 1908 u. a. a. O.

[4]) Besonders Versl. Amsterdam **16**, 635 bis 645, 678—690, 749—755, 878—889, 1908, Verh.

Entwicklung der Beobachtungsmethode abwarten muß. *W. Vn.*

Aus der Elektrooptik. E. Hagen und H. Rubens[1]) haben ihre Versuche über das Emissionsvermögen der Metalle für langwellige Strahlen (vgl. diese Zeitschr. *XVI, 294; 1903*) wieder aufgenommen und bei Temperaturen bis zu 500° ausgeführt. Sie finden aus Messungen mit den Wellenlängen 26 und 8,85 μ an Silber, Nickel, Messing, Konstantan, Platinsilber und Nickelstahl, daß sich in dem ganzen angewandten Temperaturbereich die optischen Eigenschaften dieser Metalle für die genannten Strahlen genau nach der Maxwellschen Theorie aus dem elektrischen Leitvermögen berechnen lassen. Besonders bemerkenswert ist dieser Befund für Nickel, bei dem die optischen Eigenschaften die starken Änderungen der Leitfähigkeit, die bei der Temperatur der magnetischen Umwandlung eintreten, genau mitmachen. Bei Platin war die Übereinstimmung zwischen Rechnung und Beobachtung nicht befriedigend.

J. Stark hat z. T. gemeinsam mit W. Steubing seine elektrooptischen Untersuchungen (vgl. diese Zeitschr. *XXI, 336; 1908*) auf die Bandenspektra und die mit ihnen zusammenhängenden Fluoreszenz- und Zersetzungserscheinungen ausgedehnt[2]). Zunächst ergänzt er seine Vorstellungen von der Natur und Entstehungsweise der Spektren durch ein mehr ins einzelne ausgeführtes Bild. Die Spektren gehen letzten Endes alle von negativen Elektronen aus, die deshalb ihre Emissionszentren genannt werden, die Spektren sind aber verschieden je nach dem selbständigen Verbande, dem die Elektronen angehören, und der als Träger des Spektrums bezeichnet wird. Die freien Elektronen sind zugleich Emissionszentren und Träger der kontinuierlichen Spektren. Die nicht freien Elektronen sind in vierfach verschiedener Weise aneinander gebunden. Als Ringelektronen bezeichnet Stark solche, die einen festgefügten Ring miteinander bilden und diesen in rascher Rotation durchlaufen. Unter geeigneten Annahmen, die er an anderer Stelle entwickelt hat, läßt sich auf diese Art aus negativen Elektronen ein Modell positiver Elektrizität, der positive Atomkern oder das Ion bilden. Diese Ringelektronen sind nicht (ohne völlige Zerstörung des Ions) abtrennbar und werden für die Emissionszentren der Linien- (Serien-) Spektren angesehen, die ja nach allen vorliegenden Erfahrungen (besonders Dopplereffekt in Kanalstrahlen und Zeemaneffekt) von den negativen Elektronen positiv geladener Atomreste und auch neutraler Atome (Träger dieser Spektren) herstammen. Außer diesen Ringelektronen enthält das Atom und das Molekül noch abtrennbare Valenzelektronen. Sie sind je nach der mehr oder weniger großen Nähe positiver Atomkerne (Elektronenringe) oder anderer Valenzelektronen mehr oder minder fest gebunden und werden in nicht scharf abgrenzbarer Weise unterschieden als gesättigte, ungesättigte und gelockerte Valenzelektronen. Sie sind die Emissionszentren der Banden verschiedenen Ortes im Spektrum, als deren Träger die Atome und Moleküle gelten. Stark stellt sich vor, daß nach jedem (chemischen, elektrischen oder mechanischen) Vorgang, der das Valenzelektron aus seiner Ruhelage entweder näher an den Kern treibt oder von ihm wegzerrt, es in elastischer Weise wieder an seinen Ort zurückspringt. Da zumeist die genannten stoßartigen Einflüsse nicht zentral wirken, wird das Elektron nicht geradeswegs auf seine Ruhelage zueilen, sondern sie in mehr oder weniger gestreckten Ellipsen umkreisen. In den Umkehrpunkten der Bewegung (Aphel und Perihel) sind die quasielastischen Kräfte des Verbandes (Atomes, Trägers) auf das Elektron besonders groß; hier wird die vom Stoßvorgang stammende Energie zum Teil in Lichtemission umgesetzt. Das bedingt eine Dämpfung der Umlaufsbewegung, die nächste Ellipse wird kleiner, die ganze Bewegung spiralig. So gehen also die aufeinander folgenden Lichtemissionen unter Umständen vor sich, die für Aphel und Perihel einzeln genommen in wachsendem Maße verschieden sind, für diese Gegensätze aber mehr und mehr zusammenrücken. Hieraus ergibt sich als Struktur der Banden eine Aufeinanderfolge von Linien, die in der Mitte weit, nach beiden Seiten hin immer enger wird, bis zu einer Grenze, die der Loslösung des Valenzelektrons aus dem Wirkungsbereich des Atom- oder Molekülverbandes entspricht.

Zur Stütze dieses etwas kühnen Bildes dient zunächst, daß Stark an einer Reihe organischer Verbindungen nach rot und nach

d. D. Phys. Ges. **10**, 869—876, 1908, **11**, 207—210, 1909.

[1]) Verh. d. D. phys. Ges. **10**, 710; 1908. Phys. Zeitschr. **9**, 874; 1908.

[2]) Phys. Zeitschr. **9**, 85, 481, 661, 889, 894; 1908.

violett abschattierte Banden aufgefunden und deren paarweise Zusammengehörigkeit sehr wahrscheinlich gemacht hat, daß ferner bei Substitution der Wasserstoffe durch andere Gruppen die Wellenlängen sich nach der roten Seite hin verschieben, wie es auch aus dem theoretischen Bilde zu vermuten war.

Stark wendet nun auf diese Theorie die Plancksche Hypothese der Elementarquanten der Energie (wofür er den Namen Quantengesetz vorschlägt) an, welche besagt, daß der Umsatz der Energie in Lichtstrahlung in Vielfachen einer für jede Frequenz besonderen Energiemenge vor sich geht. Er macht ferner eine Annahme, die für Banden dasselbe sagt wie das Kirchhoffsche Absorptionsgesetz für Linien; er nimmt nämlich an, daß ebenso wie Bewegungsenergie der Valenzelektronen in Bandenstrahlung umgesetzt werden kann, so auch absorbierte Bandenstrahlung die Elektronen bewegen kann. Geschieht nun die Absorption im kurzwelligen Teil der Doppelbande in Elementarquanten, so sind diese groß genug, um eine Emission im langwelligen Teil zu unterhalten, nicht aber umgekehrt. So wird plausibel, daß das Fluoreszenzlicht stets größere Wellenlänge hat als das erregende Licht. Versuche mit organischen Verbindungen, deren Bandenpaare bekannt sind, zeigten sich mit diesen Folgerungen völlig im Einklang. Die Bestrahlung mit Licht, das von der kurzwelligen Bande absorbiert wurde, erregte einen mit dem Quadrantelektrometer meßbaren lichtelektrischen Effekt und Fluoreszenz in der langwelligen Bande, die spektrographisch festgestellt wurde.

Befindet sich das Valenzelektron in gelockerter Bindung, und ist die aus der Strahlung absorbierte Energiemenge groß genug, so kann photochemische Abspaltung des Elektrons und dann sekundär chemische Reaktion der Reste eintreten. Da bis zu 1000° die mittlere Energie des Moleküls klein gegen das Lichtquantum im violetten Gebiet ist, hat die Temperatur auf die primäre Reaktion nur geringen Einfluß. Die Absorption und demgemäß auch die Zersetzung tritt besonders in der vordersten Grenzschicht ein, und wenn hier durch den Vorgang Moleküle zerspalten werden, so können einzelne Atome, die eine geeignete Bewegungsrichtung erhalten, aus der Schicht austreten, d. h. zerstäubt werden. Eine solche Zerstäubung ist durch frühere Versuche einiger Forscher wenn auch nicht sicher erwiesen, so doch recht wahrscheinlich gemacht worden. Stark berechnet als obere Grenze der Goldmenge, die in der Stunde durch eine Quarzquecksilberlampe zerstäubt werden kann, 0,7 mg. Ob es sich bei der Zerstäubung um neutrale Atome oder positive Reste handelt, konnte durch einen Versuch noch nicht sichergestellt werden. Die Wirkung der photochemischen Sensibilisatoren ist vielleicht auf Zerstäubung zurückzuführen.

Zu den vorjährigen Untersuchungen über den Dopplereffekt bei Kanalstrahlen trägt Stark noch nach[1]), daß die bisherigen Mitteilungen über den Dopplereffekt in Sauerstoff auf Mißdeutungen beruhen. Es ist erst jetzt unter Anwendung besonderer Maßregeln gelungen, ihn sicherzustellen. Die Deutung, daß Dublettserien einwertige, Triplettserien zweiwertige Träger haben, wird nicht mehr aufrecht erhalten. Beide Serien können denselben Träger haben und nur durch Verschiedenheit der Dämpfung bedingt sein.

Joseph Rosenthal teilt mit[2]), daß lichtelektrische Rubidiumzellen keine mit dem Saitengalvanometer nachweisbare Trägheit besitzen. Bei Wasserstoffüllung haben diese Zellen überdies die Eigenschaft, daß sie unabhängig von der Spannung nur eine gewisse Maximalstromstärke durchlassen, bei Heliumfüllung wurde diese Erscheinung nicht beobachtet. W. V.

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Zur Geschichte der Photographie. Unter dem Titel „Ein Jubiläum der Photographie" veröffentlicht Dr.-Ing. Ludwig W. Günther in dem *Archiv f. d. Gesch. der Naturwissensch. u. der Technik. Band I (S. 140—151)*, historische Studien, zu denen der Anlaß in dem Umstand gesucht wird, daß der 9. Januar 1909 als der Geburtstag der Photographie, nämlich als siebzigste Wiederkehr des Tages zu betrachten ist, an dem Arago in der Pariser Akademie die Erfindung Daguerres bekannt machte. [Es dürfte doch kaum gerechtfertigt sein, die biblische Lebensdauer als Jubiläumsepoche einzuführen.] Die Entdeckung der Lichtempfindlichkeit des Chlorsilbers geht allerdings auf einen viel älteren Forscher, den deutschen Physiker J. H. Schulze (1727) zurück, der auch bereits durch Schablonen aus schwarzem Papier die Lichtwirkung

[1]) Ann. d. Phys. (4), **26**, 806; 1908.

[2]) Phys. Zeitschr. **9**, 803; 1908.

lokalisierte. Dann hat Scheele 1777 nachgewiesen, daß die Dunkelfärbung des Chlorsilbers in erster Linie auf die violetten Strahlen zurückzuführen sei, er und Berthelot erkannten auch die Ursache der Erscheinung in der Bildung eines Subhaloids (nach heutiger Bezeichnungsweise). Die Farbenempfindlichkeit des Chlorsilbers wurde 1820 durch den Jenenser Professor Seebeck entdeckt, d. h. die Fähigkeit des Chlorsilbers, unter dem Einfluß verschiedenfarbiger Lichtstrahlen eben diese Farben anzunehmen und auch nach Entfernung der Lichtquelle beizubehalten; die Naturfarbenphotographie ist also älter als die gewöhnliche Photographie. Doch geriet diese Entdeckung wegen der Napoleonischen Wirren für lange Zeit in Vergessenheit. Es folgte eine Reihe von mehr theoretischen Untersuchungen über die Natur der photochemischen Wirkung. Eine neue Stufe der Entwicklung wurde erreicht mit der Entdeckung des sog. „latenten Bildes“, die mit den Namen Nicéphore Nièpce, Louis Daguerre und Fox Talbot verknüpft ist. Nachdem sich der erste vergeblich mit der Umwandlung des Asphalts im Lichte beschäftigt hatte, ging Daguerre wieder zu einem Silbersalz, dem Jodsilber, über; er erhielt dies dadurch, daß er eine blanke Silberplatte Joddämpfen aussetzte, wodurch ein feines Häutchen von Jodsilber gebildet wurde, das die Eigenschaft der latenten Lichtempfindlichkeit besaß. Die Entdeckung soll einem Zufall zu danken sein, nämlich dem Umstande, daß eine ungenügend exponierte Platte in einen Chemikalienschrank gelegt wurde, in dem eine offene Flasche mit Quecksilber stand; die Dämpfe des Quecksilbers verdichteten sich an den belichteten Stellen und riefen dadurch einen Bildeindruck hervor. Fox Talbot wandte zur Entwicklung des in einer Chlorsilberschicht erzeugten Bildes ein Gemisch von Silbernitrat und reduzierend wirkender Gallussäure an, während die Fixierung mit Bromkaliumlösung erfolgte. Weitere Verbesserungen folgten: Archer und Fry fanden 1857 im Kollodium einen sehr geeigneten Träger der lichtempfindlichen Substanz; Nièpce de St. Victor empfahl (1847) die Verwendung des Eiweißes, Poitevin (1850) die der Gelatine, die Talbotsche Entwicklungsflüssigkeit wurde durch eine alkalische Lösung von Pyrogallussäure ersetzt, der die Verwendung der Körper der Paramidophenolreihe durch Andresen 1889 folgte. Den photo-chemischen Forschungen von H. W. Vogel und J. M. Eder verdankt man weitere Kenntnisse bezüglich der chemischen und optischen Sensibilisation; die schon von Scheele erkannte einseitige Empfindlichkeit der Silbersalze für die blauen und violetten Strahlen konnte auf Grund dieser Untersuchungen korrigiert werden, namentlich indem man Trockenplatten in gewissen organischen Farbstofflösungen badete. Hierdurch wiederum wurde erst die Dreifarbenphotographie ermöglicht.

Der Verfasser geht auch noch auf die neueren Arbeiten über die Messung der Lichtenergie bei photochemischen Reaktionen kurz ein. Das Geheimnis der Natur des „latenten Bildes“ und der bei seiner Erzeugung beteiligten „Photohaloide“ ist noch immer nicht gelüftet. Der Umstand, daß die bei der Zersetzung auftretenden Unterschiede mit unseren Meßinstrumenten kaum feststellbar sind, erschwert das tiefere Eindringen. Die drei vorhandenen Theorien werden als Subhaloidtheorie, Silberkeimtheorie und Zerstäubungstheorie unterschieden, doch nicht näher erörtert; nur sei die letztere, von Bredig herrührende Theorie heutzutage gegen die andern beiden verhältnismäßig zurückgetreten. *P.*

4. Unterricht und Methode.

Eine Schülerwerkstatt. Unter dieser Überschrift berichtet P. Johannesson in der *Monatsschrift f. höhere Schulen VIII (1909), S. 165—171.* über einen Handfertigkeitsunterricht, der am Sophien-R.-G. in Berlin mit den praktischen physikalischen Übungen verknüpft ist. Der Hauptantrieb dazu war der Gedanke, daß den Schülern keine Anregung vorenthalten werden dürfe, die etwa anderwärts geboten wird. Frühere Mißerfolge bewogen den Verfasser, durch wiederholte Teilnahme an den Werkstattkursen der Alten Urania in Berlin sich selber eine bessere technische Ausbildung zu verschaffen; auch wurde der Werkzeugsammlung besondere Sorgfalt zugewendet: „Drei reich behängte Wandbretter tragen die Werkzeuge für die Hobelbank, die Drehbank und den Schraubstock; dazu kommen noch ein weiterer Werkzeugschrank, ein Glasblasetisch, eine Bohrmaschine, die erforderlichen Schleif- und Abziehsteine, die Einrichtungen für Löt-, Klebe- und Papparbeiten, auch eine große Richtplatte zum Schleifen des Glases; recht notwendig war es, die anfänglich be-

schaffte Schlosserkluppe nebst Zubehör durch genau gearbeitete, übrigens recht kostspielige Schneideisen und Gewindebohrer zu ergänzen.“ Dazu kam noch eine stattliche Zahl von Sägen und Bohrern für Holz und Metall, sowie Winkel, Schublehre und Taster.

Die Zahl der gleichzeitig arbeitenden Schüler (aus Obersekunda und Prima) wurde zuletzt auf höchstens sieben beschränkt, im Durchschnitt arbeiteten 14 Schüler in zwei Gruppen oder 23% der Gesamtzahl der auf beiden Klassenstufen vorhandenen Schüler; es meldeten sich aber stets mehr Schüler als beschäftigt werden konnten. Jede Gruppe kam in der Regel alle drei Wochen einmal zu einer dreistündigen Übung heran, zeitweilig auch alle vierzehn Tage je zwei Stunden; doch erhielten Geübtere auch darüber hinaus Erlaubnis, in andern Zeiten, während der Lehrer anwesend war, an ihrem Apparat zu schaffen. Bezüglich der Verteilung der Arbeiten unter die Schüler hat sich als vorteilhaft das gemischte Verfahren erwiesen, wobei Geübte und Anfänger zu einer Gruppe vereint sind, und die Geübten Einzelunterricht erhalten, während sämtliche Anfänger „in gleicher Front“ die gleichen Arbeiten herstellen.

Als Aufgaben für die Anfänger wurden folgende drei gewählt: Die Herstellung einer Spritzflasche, eines Thermometers und eines Chromsäure-Elements; sie wurden von der Mehrzahl der Schüler in einem halben Jahr, also in rund 20 Stunden, beendet. Sehr anschaulich beschreibt der Verfasser das Verfahren bei diesen Arbeiten: „Gewöhnlich beginnen wir jetzt mit einer leichten Glasarbeit: Röhren werden geteilt, ausgezogen und gebogen als Vorübung zur Herstellung einer Spritzflasche, die noch das Bohren eines Korks erfordert. — Anregender bereits ist die zweite Aufgabe, ein Thermometer anzufertigen. Vor der Gebläselampe der Kapillaren eine Kugel von bestimmter Größe und ausreichender Wandstärke anzublasen, gelingt schon nicht beim ersten Anlauf; die sachgemäße Füllung mit gefärbtem Weingeist stellt die Geduld ein wenig auf die Probe; auch geht so manches fast fertige Rohr in Stücke, wenn es beim Austreiben einer Luftblase ungeschickt geschleudert wird; dann kommt die Klippe, die Röhre abzuschmelzen und dabei zu einer rundlichen Erweiterung aufzutreiben. Zwei Fixpunkte werden durch Vergleich mit einem Normalthermometer gewonnen und die Teilung dann sauber auf Papier zu Hause angefertigt, wo dem Schüler nicht nur Zirkel und Ziehfeder, sondern auch Zeit und Ruhe zur Verfügung stehen. Noch fehlt das Brettchen aus Lindenholz, das an der Hobelbank geschnitten, behobelt, befeilt und geglättet wird, bis die Schnittlinien gerade, die Winkel Rechte und die Kanten der Vorderfläche hübsch abgerundet sind; das Loch für die Thermometerkugel wird mit der Winde gebohrt und nachgefeilt, die Bohrlöcher für die Befestigungsdrähte mit rückseitigen Versenkungen versehen. Nun geht es an den Schraubstock und die Bohrmaschine; aus starkem Messingblech wird die Aufhängungsöse geschnitten, flach gehämmert, rechtwinkelig oder in anderer Form gefeilt und schließlich dreifach durchbohrt, wobei die beiden Löcher der Befestigungsschrauben genau bis zur Schraubendicke aufgerieben werden. Sind noch aus dickem Messingdraht mit der Rundzange zwei Befestigungsösen für das Thermometerrohr gebogen, an den geraden Enden mit Gewinden ausgestattet und die zugehörigen Muttern auf der Drehbank vorgerichtet, danach durchbohrt und mit Gewindebohrungen versehen, so naht die Stunde, wo der Künstler sein Werk in der Vollendung schaut. Nach Festschrauben der Aufhängungsöse wird die sorgfältig beschnittene Papierteilung genau und sauber — und das ist schwerer, als mancher glauben wird — auf das dunkel gebeizte Brett geklebt und bis zum nächsten Tag gepreßt; zur Aufnahme der Kugel wird das Papier mit einem Korkbohrer und einem sehr feinen Messer, wie es die Augenärzte für ihre Operationen brauchen, ausgeschnitten und danach das Rohr mit Hilfe seiner Befestigungsösen auf das Brett gebracht. Und werden nun die uns wohlgesinnten Leser nachempfinden, daß der Besitzer sein meistens hübsches Werk mit dem Gefühl der Leistung und des Glücks nach Hause trägt? Auch merkten sie wohl, warum die Entstehung der kleinen Sache so ausführlich beschrieben worden ist: Damit sie nämlich die Erfahrung würdigen, welche der Schüler bei seiner scheinbar so kleinen und doch so großen Arbeit macht; damit sie ihm die Verwunderung darüber zugestehen, daß ein einfaches Thermometer so viele mühsame Verrichtungen erfordert, und daß sie schließlich mit ihm fühlen, wie das Schaffen der Teile die Hoffnung aufs Ganze belebt und allmählich bei manchem zur Begeisterung wird.“ — Von der Herstellung des Chromsäureelements aus abgesprengten Weinflaschen sagt der Verfasser, daß sie ihn wegen der unschönen Form noch



nicht befriedigte, auch der Liebe und Vertiefung entbehrte, so daß er an eine Änderung denkt. — Den Geübten wird bei Wahl ihrer Arbeit freie Hand gelassen, doch werden sie bei besonders hochfliegenden Zielen zur Selbstbesinnung und zur Prüfung ihrer Ausdauer und Umsicht aufgefordert und bei offenbarer Selbstüberschätzung ihre Vorschläge abgelehnt. In Arbeit waren einige Amperemeter und Dubois-Reymondsche Schlittenapparate, ferner galvanische Widerstände, ein Widerstandssatz, eine mechanische Vorrichtung mit drei Rollen auf gemeinsamer Achse zur Bestätigung des Satzes von der Erhaltung der Arbeit. Die Sorgfalt der Ausführung wird gekennzeichnet durch die Angabe, daß die aus einer mittelstarken Stricknadel gefeilte Achse der Amperemeter angestoßen in ihrem ungeölten Spitzenlager mehrere Sekunden läuft, und daß die erwähnten drei Rollen, aus Buchenholz gefertigt, so genau gedreht und geschliffen sind, daß der größte Fehler nur 0,2 mm beträgt.

Der Verfasser schließt seine Mitteilungen mit dem folgenden Glaubensbekenntnis: „Den Hauptsegen unserer Handarbeit, abgesehen von vielen Nebenwirkungen, sehe ich in der so ermöglichten Selbstprüfung der Schüler. Die theoretische Begabung unserer Söhne ist gegenwärtig in Deutschland für ihr Fortkommen in der Schule ausschlaggebend. Nach diesem Maßstabe der Leistungsfähigkeit entwickelt sich vornehmlich die gegenseitige Einschätzung der Schüler und die Selbsteinschätzung. Durch diese Einseitigkeit des Wertmaßstabes aber setzt sich die Schule in Gegensatz zum Leben. Das Leben verlangt nicht nur Männer, die theoretische Regeln mit Schärfe erfassen und in allen Fällen richtig anzuwenden wissen, oder Phantasievolle, die Reichtum und Wärme ins geistige Leben tragen, sondern auch harte Köpfe, die, mit Umsicht, Tatkraft und Wagemut begabt, ihr Handeln den jeweiligen Verhältnissen anzupassen vermögen, die trotz mannigfacher Mißerfolge nicht erlahmen, die fühlend und mit seherischem Schauen die scheinbar unbeugsamen Widerstände zwingen. Diese praktisch schaffenden Naturen sind bisher auf der Schule nicht nach Gebühr, nach den Bedürfnissen des Lebens nämlich, ausgewertet worden; ja sie fanden nicht einmal die Gelegenheit zur Selbsterkenntnis, d. h. zur Auffindung des Pfundes in sich, mit dem sie wuchern sollen; den Theoretischen und Phantasievollen allein ward diese Gelegenheit geboten. Und die Handfertigkeit sollte hier Wandel schaffen? Ich glaube, daß sie dazu helfen kann. Wer einen der schwierigeren Apparate, deren Ausführung manche unserer Schüler sich vorsetzen, trotz aller Hindernisse fertig bringt, der erfährt dabei, daß er aus hartem Holz geschnitzt ist; daneben kommt ihm die Erkenntnis, daß die ‚Handarbeit‘ mit Unrecht ihren Namen führt, daß auch hier vielmehr Klarheit und Schärfe des Erfassens, Sinn für das Einfache und Selbstverständliche, Begeisterung und Selbstbeherrschung, mit einem Worte Kräfte des Geistes und Gemütes allein entscheiden; er weiß, daß er zum Techniker befähigt, wenn nicht gar berufen ist. In dieser Möglichkeit der Auslese für das Leben sehe ich den Hauptsegen unserer ‚Handarbeit‘, wie sich mir nicht als gedanklicher Vorläufer unseres Unterrichtes, sondern im Laufe unserer Tätigkeit je länger desto zuversichtlicher ergeben hat.“

Angesichts der aufopfernden Hingebung des Verfassers und der unverkennbaren Wichtigkeit des von ihm mit großer Klarheit bezeichneten Zieles wird man gern einzelne Bedenken zurückdrängen und nur wünschen können, daß das Beispiel des Verfassers recht zahlreiche und eifrige Nachfolger finden möge. *P.*

5. Technik und mechanische Praxis.

***Das Problem des Fernsehens.** Wesentlich älter als zwei andere ihm verwandte Probleme, nämlich das der „Bildtelegraphie“, welche Zeichnungen oder photographische Aufnahmen in die Ferne zu übermitteln vermag, und das der „Telautographie“, vermittels deren man imstande ist, die eigene Handschrift mit allen charakteristischen Eigentümlichkeiten im Augenblicke des Entstehens am fernen Orte getreu zu reproduzieren, also regelrecht „fernzuschreiben“, ist das des „Fernsehens“, welches in der Sage von dem Zauberspiegel auf dem Pharos zu Alexandria (erbaut um 300 v. Chr.) schon im Altertum auftaucht, einer Sage, der man in späteren Zeiten auch anderwärts vielfach begegnet, und die das Problem vollkommen scharf und richtig definiert. Danach handelt es sich dabei darum: körperliche Gegenstände in ihrer Form und ihren Be-

* Originalbericht. Nachdruck verboten.

wegungen zeitlich koinzident und geometrisch ähnlich am fernen Orte sichtbar zu machen. Gerade die interessanten Perspektiven, welche das Vorhandensein einer dieses leistenden Vorrichtung böte, haben wohl seine häufige Benutzung in der Dichtung veranlaßt; aber ernsthaft mit Versuchen zu seiner Verwirklichung hat man sich erst in allerneuester Zeit beschäftigt. Physikalisch betrachtet besteht die Aufgabe in Folgendem. Da die Wiedergabe nur bildlich, also in einer Fläche, d. h. zweidimensional, erfolgen kann, so muß zunächst von dem Objekt selbst ein Bild, etwa durch Linsen wie in einer camera obscura entworfen werden; fehlt Bewegung, so kann die Fernübertragung punktweise erfolgen, indem man ein aufnehmendes Organ der Reihe nach alle Punkte des Bildes überfahren und synchron ein wiedergebendes Organ über eine entsprechende Fläche sich bewegen läßt, ähnlich wie das bei den Kopiertelegraphen geschieht (vgl. diese Zeitschr. *XXII, 130; 1909*); ist dagegen das Objekt in Bewegung, so müssen praktisch alle Punkte gleichzeitig übertragen werden, und in beiden Fällen wäre es ein besonderes Erschwernis, wenn auch die Farben des Objektes wiedergegeben werden sollten. Man sieht, die Aufgabe hat scheinbar Ähnlichkeit mit der Fernphotographie, welche deshalb auch vielfach unberechtigterweise als eine Art bedingter Lösung des Fernsehens betrachtet wird, unterscheidet sich aber davon wesentlich dadurch, daß zwar am Sendeort ein physikalisches Bild des Gegenstandes als Zwischenstufe erzeugt, am Empfangsort ein optisches Bild hervorgebracht werden muß, jedoch der Gegenstand bei der Übertragung stets unbedingt selbst beteiligt sein muß und überdies im allgemeinen in Bewegung ist. Letzterer Umstand verlangt bei punktweiser Übertragung, daß das ganze Primärbildfeld in $^1/_{100} \div {}^1/_{75}$ Sek. überfahren wird, damit das Auge imstande ist, die Teileindrücke zu Bildern und diese wieder zu einem kontinuierlich sich verändernden Gesamtbilde zu vereinigen, während eine gleichzeitige Übertragung des Ganzen ein Zerlegen der Bildfelder in Feldelemente und im Sender für jedes Feld einen Übertragungsapparat fordert, also stets einen Kompromiß zwischen der größten noch zulässigen Unschärfe des Bildes und den kleinsten möglichen Abmessungen der Übertragungselemente darstellt. Endlich liegt auch noch darin eine Schwierigkeit, daß jedes der Bilder unbedingt in einer Ebene liegen muß, das primäre, entweder weil es optisch vom Gegenstande entworfen, oder ganz allgemein, weil es dem sekundären Bilde als solchem kongruent, das sekundäre, weil es stets in toto sichtbar sein muß, demnach die Überfahrung beider nicht einfach in Gestalt einer Spirale um die zu Zylindern zusammengezogenen Bildflächen erfolgen kann, sondern in anderer, weniger einfacher Weise bewirkt werden muß.

Als Übertragungsmittel kann ihrer Eigenschaften wegen, welche die verhältnismäßig leichte Überwindung auch sehr großer Strecken gestatten, nur die Elektrizität in Frage kommen, vordem schloß der Mangel eines verwendbaren Mittels die wirkliche Bearbeitung des Problems so gut wie völlig aus; nach Gewinnung eingehender Kenntnisse der elektrischen Erscheinungen fehlte aber immer noch etwas sehr Wichtiges, nämlich ein Mittel zur Ermöglichung der elektrischen Übertragung, ein Zwischenglied zwischen Primärbild und Übertragungsstrom, und dieses fand man in dem 1817 von Berzelius entdeckten, 1837 von Knox als elektrisch leitend und 1873 von May als in seinem Widerstande vom auffallenden Lichte abhängig erkannten, endlich 1875 zuerst von Werner Siemens zu Zellen verwandten Selen, welches erlaubt, die Stromstärke in der Fernleitung zu einer einfachen linearen Funktion der Helligkeit der einzelnen Bildstellen zu machen. Natürlich bleibt immer die Möglichkeit, gelegentlich etwas anderes an Stelle des Selens Verwendbares zu finden bzw. andere Verfahren, welche ein in dieser Weise wirkendes Übersetzungsmittel erübrigen.

Es seien nun zur Erläuterung ein paar Beispiele derartiger Apparate zum Fernsehen kurz besprochen. Ayrton & Perry 1880 wollten Selenzellen zur punktweisen Übertragung in folgender, seinerzeit von Perry an einem Modell erläuterter Weise benutzen. Über das Primärbildfeld bewegt sich, es in ständiger Wiederholung ganz überfahrend, eine kleine quadratische Zelle, deren Fläche die Größe des Bildelementes darstellt; synchron zu jener über das Sekundärbildfeld ein äquivalenter Lichtfleck, vermittelst eines sich drehenden Spiegels von einem den Hohlraum einer Galvanometerspule durchlaufenden Strahlenbündel entworfen; die Galvanometernadel trägt eine vertikale Blendscheibe, die in der Ruhelage das Licht absperrt. Steht am Sendeort die Zelle vor einer hellen Bildstelle, so veranlaßt dies einen relativ kräftigen

Leitungsstrom, dieser eine starke Ablenkung der Nadel und damit Aufhellung, ebenso bewirkt eine dunkle Bildstelle wegen mangelnder Stromstärke auch Dunkelheit. Man erkennt hierin unschwer einen recht unvollkommenen Vorläufer des Kornschen „Fernphotographen“ (diese Zeitschr. *XXI*, 57÷60; *1908*); der wirklichen Ausführung stand aber einmal die Schwierigkeit, eine hinreichend rasche und sichere Bewegung der Zelle zu erzeugen, dann aber die inzwischen allerdings überwundene Trägheit des Selens entgegen. Unter Voraussetzung empfindlicher wenig träger Zellen wollte Jan Szczepanik in seinem „Telektroskop“ 1897 die ersterwähnte Schwierigkeit durch Anwendung von synchron paarweise senkrecht zueinander schwingenden Spiegeln beseitigen, von denen die des Senders Punkt nach Punkt des Primärbildes auf der Zelle abbilden, die des Gebers Punkt nach Punkt des Sekundärbildfeldes mit entsprechender Helligkeit beleuchten sollten. Der Apparat sollte bereits 1900 in der Weltausstellung zu Paris gezeigt werden, ist aber m. W. bis heute noch nicht de facto in die Erscheinung getreten. Einfacher und wohl ausführbar ist Dussauds „Teleoskop“ 1898, das bisher überhaupt Theorie blieb. Der Sender ist hier eine photographische Kamera, der Empfänger ein Projektionsapparat; an Stelle von Mattscheibe und Bild arbeiten synchron zwei Scheiben mit kongruenten spiraligen Lochreihen, hinter der Senderscheibe befindet sich eine Selenzelle, im Strahlengange des Empfängers ein Verschluß von ähnlicher Wirkung wie beim Apparat von Ayrton & Perry. Recht interessant ist schließlich die Anordnung von Nisco 1906. Dieser will als Primärbildfläche ein Selenzellensystem verwenden, bestehend aus einem mit Se überdeckten Kupferdrahtnetz, in dessen jede Masche ein Kupferdraht als zweite Elektrode zentral eingeführt ist; die anderen Enden dieser Drähte sind spiralig auf einem Hartgummizylinder befestigt, um welchen eine sie in jeder Sekunde mehrfach berührende und mit der Fernleitung verbundene Stahlspitze rotiert. Die einzelnen die Bildelemente bildenden Zellen senden sonach der Reihe nach ihrer Belichtung entsprechende Ströme in die Leitung, auf der diese im Empfänger in einen seiner Erregung entsprechend eine vor seinen Polen befindliche Membran verschieden durchbiegenden Elektromagneten gelangen; die Bilderzeugung geschieht durch innerhalb eines mit entsprechenden Öffnungen versehenen der Stahlspitze genau synchron rotierenden Hartgummizylinders überspringende, in ihrer Stärke und Leuchtkraft der jeweiligen lokalen Helligkeit des Primärbildes entsprechend wechselnde und in dieser Beziehung von der Membran durch Herstellung mehr oder weniger innigen Kontaktes beeinflußte Funken, also ähnlich der ersten Anordnung von Korn (diese Zeitschr. *XV*, *375*/*376*; *1902*).

Während die beschriebenen Vorrichtungen höchstens bis zu prinzipiellen Vorversuchen gediehen sind, hat in neuester Zeit M. Dieckmann in München einen vollständigen Apparat hergestellt und mit Erfolg versucht, der tatsächlich die eingangs wiedergegebene grundsätzliche Forderung erfüllt, wenn er sich auch zunächst auf Gegenstände gewisser Beschaffenheit beschränken muß, und demnach als der erste wirkliche elektrische Fernseher zu bezeichnen ist. Die Einrichtung ist folgende (Figg. 1, 2). Auf der Sendestation rotiert hinter dem Bildrahmen F eine ebene Scheibe G, auf welcher 20 miteinander und einem Schleifring leitend verbundene Metallbürstchen in einer Spirale von einem vollen Umgang so angeordnet sind, daß sie **der Reihe nach einzeln** die Bildfläche in 20 senkrechten Streifen überfahren, vgl. Fig. 3. Zum Antrieb dient ein vom Netze N gespeister Motor mit Nebenschlußregulator NR, Sicherungen B und Ausschalter A; der fernzuzeigende Gegenstand ist schablonenartig und aus Metall und mit dem einen Pol, die Bürstchen über den Schleifring mit dem zweiten Pol einer Stromquelle Q_1 verbunden, so daß, wenn man das Objekt O in das Bildfeld F hält, die Bürstchen es abtasten, genau so wie bei den Kopiertelegraphen die Kontaktspitze das zum Zylinder gebogene Bild, und demgemäß die Fernleitung von an sich gleich starken Strömen durchlaufen wird, so oft und so lange, als ein Bürstchen den Gegenstand berührt. Die Bilderzeugung im Empfänger kann nun ebenfalls nur auf einem einfachen Kontrast beruhen, indem man dem Zustande der Stromlosigkeit auch Lichtlosigkeit, dem des Stromes eine Aufhellung entsprechen läßt, was helle Bilder auf dunklem Grunde ergäbe, oder umgekehrt, wodurch man Silhouetten im hellen Felde erhielte. Dieckmann hat das letztere gewählt und benutzt als Lichtquelle das auf eine fluoreszierende Fläche fallende Kathodenstrahlbündel einer Braunschen oder Wehneltschen Röhre, das nun in entsprechender Weise zu bewegen ist; da das Lichtfeld des Senders von den 20 Bürstchen der Reihe nach von

links nach rechts einzeln von oben nach unten überfahren wird, was gleichbedeutend ist damit, wenn eine Bürste von links nach rechts fortschreitend 20 mal die Bildfläche im selben Sinne überfahren würde, so muß auch der Lichtfleck im Empfänger bzw. das ihn erzeugende Kathodenstrahlenbündel sich ebenso bewegen: einmal von links nach rechts, gleichzeitig zwanzigmal von oben nach unten, und die Rückkehr nach links bzw. nach oben muß in einer gegen die Dauer der Rechts- bzw. Abwärtsbewegung sehr kleinen Zeit, momentan, erfolgen, zudem das ganze einmalige Überfahren des Bildfeldes in sehr kurzer Zeit. Der Erfinder erreicht dies in folgender Weise (Fig. 2). Um eine Braunsche Röhre R sind am Beginn ihrer konischen Erweiterung zwei Paar eisenloser Ablenkungsspulen $S_1 S_2$ bzw. $S_3 S_4$ angeordnet, von denen die ersteren die vertikale, die letzteren die horizontale Ablenkung zu bewirken haben; die Röhre mit Kathode K, Anode An und Diaphragma D wird von einer Influenzmaschine JM gespeist, welche von einem Motor M — mit Sicherung B, Schalter A und Nebenschlußregulator NR — angetrieben wird, dessen Achse die übrigen wichtigen Teile trägt. Die Strom- bzw. Spannungskurven der Spulenpaare müssen dem Gesagten ensprechend einen Verlauf zeigen, wie in Fig. 4 dargestellt. Zu diesem Zwecke ist auf der Motorachse zunächst eine Zenneckasche Scheibe Z angebracht, welche, in aus Fig. 2 ersichtlicher Weise eingerichtet und, mit der Batterie Q_2 sowie $S_3 S_4$ verbunden, in diesen die Spannung nach Fig. 4 oben verlaufen läßt; sodann ist auf derselben Achse ein Ringanker mit 10 völlig voneinander getrennten Spulen 1, 1′, 2, 2′ ... 10, 10′ und einem aus relativ breiten, mit deren Enden verbundenen Segmenten bestehenden 20 teiligen Kollektor angebracht, der zwischen den Polen eines mit den von Q_3 gespeisten Spulen I II armierten Elektromagneten rotiert, dessen Polschuhe PP eigentümliche Form und gleichseitig-dreieckigen Querschnitt besitzen, so daß ein in der Umlaufsrichtung des Ankers von Kante zu Kante längs des Poles von nahezu Null bis zu bedeutender Stärke anwachsendes Feld resultiert. Die Adjustie-

Fig. 1.

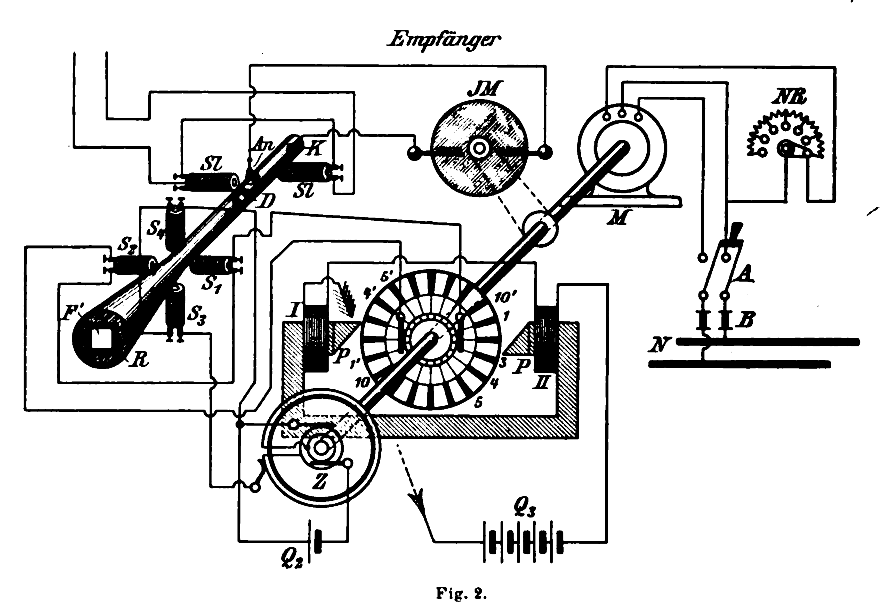


Fig. 2.

rung ist nun so, daß jede der Spulen Kontakt mit den Schleifbürsten des Kollektors bekommt, sobald sie an die vordere Polkante kommt, und so lange mit den Bürsten verbunden bleibt, als sie sich vor dem Pol befindet, daß sie also im Augenblicke maximaler Erregung plötzlich durch Übergang der Bürsten auf ein anderes Segmentpaar abgeschaltet wird; da 10 Spulenpaare vorhanden sind, jedes während eines Umlaufes zweimal zur Wirkung kommt, so ergibt sich für den Spannungs- bzw. Stromverlauf in S_1 S_2 während einer Umdrehung die Kurve Fig. 4 unten. Das ist zweifellos ein großer Erfolg und wesentlicher Fortschritt, denn das entspricht durchaus den Forderungen des Problems; zwar beträgt das Bildfeld zunächst nur 3×3 cm, aber daß nicht auch größere Flächen verwendbar sein sollten, ist nicht begründet. Außer völlig ebenen Gebilden können aber auch, wie zu vermuten war und wie mir der Erfinder ausdrücklich bestätigt hat, Flachreliefs „ferngesehen“ werden; damit ist es z. B. schon jetzt möglich, nicht sehr detailreiche Klischees, die ja doch stets metallisch sind, etwa Strichätzungen, als Objekte zu verwenden, was be

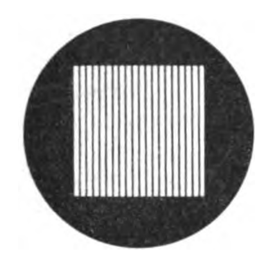


Fig. 3.

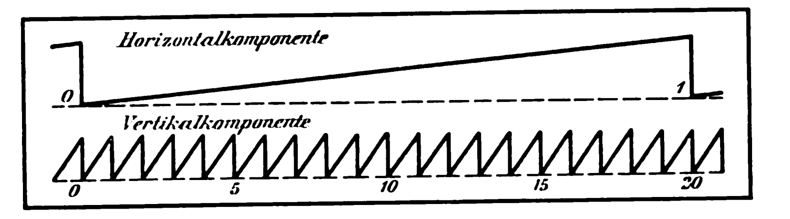


Fig. 4.

sonders wertvoll erscheint für geschäftliche Verhandlungen in technischen Angelegenheiten. Der Anfang demnach ist vielversprechend, und man kann wohl annehmen, daß in absehbarer Zeit auch der Fernseher, wie unlängst Korns Bildtelegraph, in allgemeine Verwendung kommt; dazu ist vor allem nötig, die Forderung nach metallischen Objekten überflüssig zu machen, etwa indem man die Bürstchen sämtlich als Kontaktvorrichtungen ausführt, die in sich den Strom bei Berührung des Objekts schließen. Zurzeit finden bei München Versuche betr. **drahtloses Fernsehen mit ungedämpften Wellen** unter Benutzung des beschriebenen Apparates statt, über die aus erklärlichen Gründen Näheres zurzeit nicht verlautbart; doch ist leicht einzusehen, daß besondere grundsätzliche Bedenken gegen die Möglichkeit eines derartigen Verfahrens nicht vorhanden sind, da es sich ja einfach um einen ständigen Wechsel zwischen Strom und Stromlosigkeit handelt, genau wie bei der gewöhnlichen Radiotelegraphie, nur in rascherer Folge.

Setzt man den Apparat in Tätigkeit, dann erscheint die der des Senders gleich große Bildfläche F' gleichmäßig leuchtend; das Bild entsteht dadurch, daß der Linienstrom 2 Spulen Sl Sl durchläuft, welche vor dem Diaphragma D auf das Kathodenstrahlbündel wirken und, erregt, dieses von dem Loch ablenken, also in F' dann Dunkelheit erzielen, was jedesmal dann eintritt, wenn und so lange in F eines der Lamettabürstchen auf G das Objekt O berührt. Um zu erreichen, daß jedesmal Lichtfleck und das gerade aktive Bürstchen an entsprechenden Stellen in F bzw. F' sich befinden, bedarf es keiner besonderen **Synchronisiervorrichtung**, sondern es genügt, in F seitlich in der Mitte einen Drahtstift St anzubringen, dessen Bild in F' an gleicher Stelle nur bei synchronem Gange erscheinen wird, andernfalls jedoch in schräger Lage ╲ oder ╱ über das Bildfeld wandert. Das Bildfeld wird in 0,1 Sek. vollkommen durchlaufen, der Motor macht also $10 \times 60 = 600$ U. i. d. Min.; der Kraftbedarf total ist verhältnismäßig, der der Übertragung absolut sehr klein, $\sim 0{,}001$ Watt; letzterer kann allerdings durch Eisen in den Spulen noch verringert werden, doch ergeben sich dann Bildverzerrungen.

Bei den **Versuchen** mit diesem Apparat konnte man die Schablone im Sender beliebig drehen, das Schattenbild im Empfänger machte alle diese Bewegungen getreu und stetig mit.

Zum Schlusse habe ich noch dem Erfinder, Herrn Dr. M. Dieckmann, für seine eingehenden Mitteilungen über die Einrichtung seines Apparates, nach denen Fig. 1 u. 2 gezeichnet ist, sowie über die bisherigen Ergebnisse auch an dieser Stelle meinen besten Dank auszusprechen. *Biegon von Czudnochowski, Ing.*

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Die Mechanik des Weltalls. Eine volkstümliche Darstellung der Lebensarbeit Johannes Keplers, besonders seiner Gesetze und Probleme. Von Ludwig Günther. Mit 13 Figuren, 1 Tafel und vielen Tabellen. Leipzig, B. G. Teubner, 1909. 156 S. M 2,50.

Der Nebentitel gibt den eigentlichen Inhalt der sehr populär gehaltenen Schrift an, die auch für den Unterricht mancherlei willkommene Anregung liefert. Dies könnte in noch höherem Maße der Fall sein, wenn der Verfasser mit der mathematischen Seite des Gegenstandes vertrauter wäre. Schon Mach hat u. a. das elementarmathematisch leicht zu bezeichnende Prinzipielle an Keplers Entdeckung der Gestalt der Planetenbahnen besser herausgeholt, als es hier geschieht. Auch das Zustandekommen der krummlinigen Bahn ist durch das Zusammenwirken „von Schwerkraft und Zentrifugalkraft oder Tangentialkraft“ recht unzulänglich dargestellt. Der Verfasser nimmt für Kepler den Ruhm der Entdeckung des Gravitationsgesetzes in Anspruch; jedoch, nach dem beigebrachten Beweismaterial zu urteilen, mit Unrecht. Der Behauptung, daß Newton sein Gravitationsgesetz fix und fertig bei Kepler vorgefunden habe, muß aufs nachdrücklichste widersprochen werden. Selbst wenn Kepler „gemutmaßt“ haben sollte (wofür keine Belegstelle angeführt ist), „daß die Kraft der Sonne auf die Planeten sich umgekehrt wie das Quadrat der Entfernungen dieser Planeten von der Sonne verhalten könnte“ (S. 110) — so ist damit noch lange kein Gesetz aufgefunden; dazu bedurfte es vor allem der erst von Newton präzisierten Kraftdefinition, gemäß welcher die Kraft der hervorgebrachten Beschleunigung proportional ist. Und auch bei Newton ist die berühmte „Mondrechnung“ (S. 115) kein mathematisch zureichender Beweis, sondern nur eine Probe auf die Richtigkeit des aus anderer Quelle abgeleiteten Gravitationsgesetzes gewesen. — Die dem Buch beigegebenen Tabellen enthalten Bahnelemente und sonstige Konstanten für Sonne, Planeten, Asteroiden und Trabanten sowie für eine Reihe bemerkenswerter Kometen und Sternschnuppenschwärme. *P.*

Handbuch der Physik. Herausgegeben von A. Winkelmann. Zweite Auflage. Erster Band, zweite Hälfte: Allgemeine Physik. Mit 302 Abbildungen. 1560 S. M 33,—. Zweiter Band: Akustik. Mit 367 Abbildungen. 714 S. M 25,—. Leipzig, Johann Ambrosius Barth, 1908 und 1909.

Mit diesen beiden Bänden liegt die zweite Auflage des umfangreichen, auf sechs Bände angewachsenen Werkes vollständig vor. Die erste Hälfte des ersten Bandes wurde bereits in Jahrg. 20 S. 265 angezeigt. In der zweiten Hälfte wird zunächst die Mechanik der festen Körper durch eine Reihe von Kapiteln über Zug und Druck, Elastizität, Kohäsion (von F. Auerbach) zum Abschluß gebracht. Es folgt die Hydromechanik (F. Auerbach), die Kapillarität (F. Pockels), das Boyle-Mariottesche Gesetz und die Abweichungen von demselben (L. Grätz), Aeromechanik (F. Auerbach) — hierin auch ein Abschnitt über Luftschiffahrt —, Reibung (L. Grätz), Diffusion (K. Waitz), Absorption und Adsorption (A. Winkelmann).

Der zweite Band, aus der Hand eines einzigen Verfassers (F. Auerbach) und gegen die erste Auflage gänzlich umgearbeitet, bietet eine sehr einheitliche, das Theoretische mit dem Experimentellen aufs glücklichste verbindende Darstellung der Akustik dar. Besondere Aufmerksamkeit ist auch den neueren Theorien des Hörens und der Stimmerzeugung zugewendet, denen gegenüber der Verfasser ein besonnenes kritisches Urteil zur Anwendung bringt.

Das ganze Werk ist namentlich zur Orientierung über die theoretische Seite des Gegenstandes und über den neuesten Stand der Forschungen von unvergleichlichem Wert, die Anschaffung wird freilich nur besonders gut dotierten Schulbibliotheken möglich sein. *P.*

Die Fortschritte der Physik im Jahre 1907. Dargestellt von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft. 63. Jahrgang. I. Abteilung: Allgemeine Physik, Akustik, Physikalische Chemie. Von Karl Scheel. 614 S. — II. Abteilung: Elektrizität und Magnetismus, Optik des ges. Spektrums, Wärme. Von Karl Scheel. 714 S. — III. Abteilung: Kosmische Physik. Von R. Aßmann. 604 S.

Weit über die Hälfte des I. Bandes ist auch diesmal wieder der physikalischen Chemie gewidmet, im II. Band nimmt naturgemäß Elektrizität und Magnetismus den größten Raum unter den drei dort behandelten Gebieten ein, im III. Band umfaßt die eigentliche Astrophysik nur 53 Seiten, während die Meteorologie mit den an sie anschließenden



Gebieten der Geophysik den ganzen übrigen Teil des Bandes ausfüllt. In dem Abschnitt über die Erforschung der oberen Luftschichten findet man u. a. die Ergebnisse einer großen Zahl von Ballon- und Drachenaufstiegen zusammengestellt. *P.*

Spektroskopie. Von E. C. C. Baly, deutsch von R. Wachsmuth. Mit 158 Textfiguren. XII u. 434 S. Berlin, J. Springer, 1908. M 12,—; geb. in Hbfrz. M 14,50.

Dieses Buch ist in erster Linie eine recht gründliche und vielseitige Anleitung zum Gebrauch und zur Beurteilung spektroskopischer Instrumente und Hilfsapparate. Irgendwelche Vollständigkeit der Aufzählung ist von vornherein nicht beabsichtigt, dagegen ist eine Auswahl getroffen, die sowohl die einfachsten Instrumente berücksichtigt und gerade hierbei sehr wertvolle Fingerzeige gibt, als auch die kompliziertesten Einrichtungen so weit erläutert, daß man von der Arbeitsweise, von den notwendigen Vorsichtsmaßregeln und von der Leistung der Instrumente ein recht gutes Bild bekommt. Es ist natürlich, daß einige in England übliche Typen uns etwas fremd sind; da die Darstellung aber das instrumententechnisch Wesentliche in den Vordergrund stellt, hat man hinlänglich Anleitung auch für die bei uns üblichen Formen, um so mehr, als vor der Beschreibung der vollständigen Instrumente zunächst ihre wesentlichen Teile, z. B. Spalt, Linsen, Prismen, einer eingehenden kritischen Besprechung unterworfen werden. Die zum Verständnis der Apparate und Methoden erforderlichen physikalischen Kenntnisse werden in ziemlich weitem Umfang in einleitenden Kapiteln und eingestreuten Abschnitten in gefälliger Form aufgefrischt. Gerade in diesen Teilen ist der Übersetzer in der Wahl einiger Ausdrücke nicht ganz glücklich gewesen, doch ergibt sich nirgends ein erheblicher Mangel. Ausführliche Tabellen der Forschungsergebnisse bringt das Buch nicht, sondern verweist auf die diesem Zweck dienenden Werke; es wird aber überall soviel davon mitgeteilt, als zur Erläuterung nützlich ist. Um den reichen Inhalt des empfehlenswerten Buches anzudeuten, seien die Kapitelüberschriften angeführt: Historische Einleitung; Spalt, Prismen, Linsen; Das vollständige Prismenspektroskop; Das Prismenspektroskop im Gebrauch; Das Beugungsgitter; Die Handhabung des Liniengitters; Die äußersten infraroten und ultravioletten Spektralgebiete; Die Anwendung von Interferenzmethoden in der Spektroskopie; Der Wirkungsgrad des Spektroskops; Die Photographie des Spektrums; Die Erzeugung der Spektra; Die Natur der Spektra; Der Zeemaneffekt; Linienserien im Spektrum; Änderung der Wellenlänge. *W. Vn.*

Die chemische Affinität und ihre Messung. Von Dr. Otto Sackur, Priv.-Doz. a. d. Universität Breslau. Mit 5 Abbildungen im Text. (Die Wissenschaft, Heft 24.) Braunschweig, Friedr. Vieweg u. Sohn, 1908. VIII u. 130 S. Geb. M 4,—.

Das Bestreben, die Verwandtschaft zwischen den chemischen Körpern, die treibende Kraft aller Umsetzungen, zu messen, ist alt, älter als die wissenschaftliche Behandlung der Chemie. Hatte man anfangs ganz anthropomorphe Vorstellungen und Nomenklaturen, so sind die Begriffe und Ableitungsmethoden immer exakter, mathematischer geworden. Und die von van't Hoff stammende, klassische Definition und Arbeitsmethode benötigt zu ihrer Darstellung und Ableitung schon einiges mathematische Rüstzeug. Die van't Hoffschen Gedanken sind in der Folge namentlich von Nernst und seinen Schülern benutzt und haben — oft unter Überwindung sehr großer experimenteller Schwierigkeiten — eine Fülle von grundlegenden Zahlen geliefert, die bei richtiger Benutzung Schlüsse auf Temperatur, Druck- und Konzentrationsgebiete erlauben, in denen eine direkte Messung unmöglich ist. Nernsts Theorem, die Gleichgewichte aus thermischen Größen zu berechnen, wird kurz abgehandelt. Zum Schluß wird gezeigt, daß die zahllosen einzelnen Verwandtschaftskräfte, die sich zwischen den vielen Elementen und Elementargruppen betätigen, in gesetzmäßigem Zusammenhang stehen, daß nämlich auch hier das periodische oder natürliche System ein zuverlässiger Führer ist. Das anregende Buch, das auch die neuste Literatur berücksichtigt und klar und angenehm geschrieben ist, sei allen Lesern der Zeitschrift warm empfohlen.

W. Roth-Greifswald.

Neuere Lehrbücher der analytischen Chemie.

1. **Chemisches Praktikum** für Studierende der Naturwissenschaften. Von Dr. Max Dittrich, a. o. Professor an der Universität Heidelberg. a) Qualitative Analyse Heidelberg 1906. VIII + 216 S. Geb. M 5,—. b) Quantitative Analyse. Heidelberg 1908. VIII + 166 S. Preis geb. M 4,—. Beide in Karl Winters Universitätsbuchhandlung verlegt.
2. **Qualitative chemische Analyse.** Ein Leitfaden zum Gebrauche in chemischen Laboratorien.

Von Dr. W. Autenrieth, a. o. Professor an der Universität Freiburg i. Br. Mit 9 Abbildungen im Text und einer Tafel. Zweite, völlig umgearbeitete Auflage. Tübingen, Verlag von J. C. B. Mohr (Paul Siebeck), 1907. XII + 227 S. Geh. M 5,—; geb. M 6,—.

3. **Qualitative Analyse** vom Standpunkte der Ionenlehre. Von Dr. Wilhelm Böttger, Privatdozent und Oberassistent am phys.-chem. Institut der Universität Leipzig. Zweite, umgearbeitete und stark erweiterte Auflage. Mit 24 Figuren im Text, einer Spektraltafel und besonderen Tabellen zum Gebrauch im Laboratorium. Leipzig, Verlag von Wilhelm Engelmann, 1908. XVI + 524 S. Geheftet M 10,—; geb. M 11,20.

4. **Quantitative Analyse durch Elektrolyse.** Von Alexander Classen. Fünfte Auflage in durchaus neuer Bearbeitung. Unter Mitwirkung von H. Cloeren. Mit 54 Textabbildungen und 2 Tafeln. Berlin, Verlag von Julius Springer, 1908. XII + 336 S. In Leinw. geb. M 10,—.

Neue Gedanken und prinzipiell neue Methoden hat die analytische Chemie (von der Elektroanalyse abgesehen) in den letzten Jahren kaum zur Diskussion gestellt. Es handelt sich bei Lehrbüchern also hauptsächlich um die Auswahl des Wichtigsten aus der erdrückenden Fülle von Einzelmaterial und um die Darstellungsart, in letzter Linie also um Fragen des persönlichen Gefühls und des pädagogischen Taktes. Bei den oben genannten Büchern — das Classensche nimmt als Lehrbuch einer Spezialdisziplin eine Sonderstellung ein — entspricht die Reihenfolge etwa der Menge des verarbeiteten Stoffes. Dittrichs Bücher sind in erster Linie für Studierende berechnet, denen die Chemie nur ein Nebenfach ist, also für Lehrer, Physiker und Mediziner. In beiden Büchern weicht der Verf. wenig vom üblichen Wege ab. Die modernen Begriffe werden eingeführt, aber etwas zaghaft, und mitunter läßt es die Darstellung an Präzision und Klarheit fehlen. Nicht präzis genug ist z. B. der steigernde Einfluß der Verdünnung und Erwärmung auf die so wichtige Hydrolyse herausgearbeitet: die hydrolytische Zerlegung wird „meistens" durch Verdünnen und Erwärmen vollständiger. Da kurz vorher das Massenwirkungsgesetz erwähnt ist, müßte gezeigt werden, daß Vermehrung der Wassermenge und der Wasserdissoziation die Hydrolyse stets erhöht. Ähnlichen Unschärfen begegnet man im qualitativen Teil öfters; der quantitative Teil ist weit besser; Literaturhinweise finden sich reichlich, um den mechanisch arbeitenden Anfänger allmählich freier und umsichtiger zu machen. Der Ref. vermißt nur exakte Angaben über die Löslichkeit der Niederschläge.

Autenrieth verarbeitet erheblich mehr Material und wendet sich wohl in erster Linie an zukünftige Chemiker. Der Text enthält viel mehr Formeln als die Dittrichschen Bücher; aber während Dittrich die Molekular- und die Ionengleichungen nebeneinander bringt, zieht Autenrieth meist die übersichtliche, aber rein mechanische Schreibweise Kilianis vor, z. B.

$$\begin{matrix} Hg\,Cl & Cl \\ (NH_2 & H) \end{matrix} + NH_3 = Hg<^{Cl}_{NH_2} + NH_4 \cdot Cl.$$

In den Überschriften auch der kleinsten Absätze sind indessen die Ionen aufgeführt, deren Reaktionen im folgenden behandelt werden; auch ist die ionische Diktion im Text häufig benutzt. Eigentümlich ist die „aus Zweckmäßigkeitsgründen" gewählte Anordnung des Stoffes. Der erste Teil enthält den systematischen Gang der Analyse (Vorprüfungen, Auflösen, Aufsuchung der Kationen, der Anionen, Tabellen), der zweite Teil, mit dem im Laboratium begonnen wird, gibt die Reaktionen der einzelnen Ionen; hier wird nicht mit den theoretisch einfachen Alkalimetallen begonnen, sondern mit den am leichtesten abzuscheidenden (Silber, Blei usw.); es werden auch einige seltenere Elemente und einige organische Säuren behandelt. Erst der dritte, allgemeine Teil gibt, ganz auf modernen Forschungen fußend, die theoretischen Grundlagen der analytischen Chemie im Zusammenhang, sehr kurz aber sehr weitgehend, da sogar die Elektronentheorie und die α-, β- und γ-Strahlen kurz abgehandelt werden.

Das Buch wird in der Hand eines erfahrenen Lehrers, der den dritten Teil des Buches als Würze für die beiden ersten geschickt zu verwenden weiß, viel Nutzen stiften können. Zum Selbststudium ist es für Anfänger nicht zu empfehlen; dazu ist der theoretische Teil des Buches zu kurz und zu sehr als Anhang behandelt.

In dieser Beziehung ist das Buch von Böttger ausgezeichnet. Die Grundlagen werden ganz ausführlich zu Anfang besprochen. Jede neue Etappe wird durch Versuche gesichert und so eine breite Operationsbasis gewonnen. Der Verf. ist „Ionier" sans phrase. Das Buch ist nicht leicht; selbst für den Fortgeschritteneren gehört wirkliches Studium zu der Lektüre. In manchen Punkten macht es sich der Verf. fast selbst etwas

schwer; so hält er sich ganz streng an Tatsachen, die der Studierende im Reagenzglas selbst nachprüfen kann. Die Heranziehung der aus den Vorlesungen sicher bekannten thermischen Daten wird peinlichst vermieden, dagegen wird die Bestimmung des Leitvermögens als einfacher, aber instruktiver Handversuch benutzt. Mitunter würde der Ref. die Versuche durch eine kleine Änderung so leiten, daß Nebenreaktionen vermieden würden, und die Hauptsache klarer herauskäme. Auch manche Einwände, die der Verf. sich selbst macht, die dem Anfänger aber ziemlich fern liegen, erschweren die Lektüre und führen zu Satzungetümen, Einschiebungen und Anmerkungen. Doch sind das ebenso wie manche geringfügige Versehen Kleinigkeiten, die bei einer neuen Auflage leicht abgeändert werden könnten, durch deren Abstellung aber das Buch klarer und weniger umständlich würde. Im speziellen Teil sind die neusten Ergebnisse berücksichtigt und auch die seltenen und seltensten Elemente behandelt. Die praktischen Anweisungen sind gut, die Literaturhinweise zahlreich. —

Auch die Elektroanalyse von Classen ist in ihrer neusten Auflage gänzlich umgearbeitet. Auf dem Gebiet der Elektroanalyse ist in den letzten Jahren an den theoretischen Grundlagen wie an den praktischen Anwendungen enorm gearbeitet worden. In den Schnellmethoden (Arbeiten mit ungewohnt hohen Stromstärken unter heftigem Rühren der Lösung, um die Verarmung an den Elektroden und somit störende Nebenreaktionen zu vermeiden) sind der Praxis ganz neue Wege gewiesen worden. Hat Classen in seinen früheren Auflagen etwas einseitig die von ihm ausgearbeiteten Oxalatmethoden bevorzugt, so stellt die neue Auflage ein vollständig gleichmäßiges Kompendium aller elektroanalytischen Methoden dar. Die Grundlagen der Analyse und der sie begleitenden Messungen werden vollständig, ohne langatmige Begründung auseinandergesetzt. Eine ganze Reihe neuer Elemente wird behandelt, die früher nicht elektroanalytisch bestimmt werden konnten. Auf kleine Ungenauigkeiten möchte der Ref. auch hier nicht eingehen. Das Buch stellt eine hervorragende, äußerst nützliche Bereicherung der elektrochemischen und analytischen Literatur dar. *W. Roth-Greifswald.*

Einführung in die allgemeine und anorganische Chemie auf elementarer Grundlage. Von Dr. Alexander Smith, Prof. d. Chemie u. Direktor des Inst. f. allg. u. ph. Ch. a. d. Univ. Chicago. Unter Mitwirkung des Verf. übers. u. bearb. von Dr. Ernst Stern, Ass. am Kgl. Materialprüfungsamt in Groß-Lichterfelde. Mit einem Vorwort von Dr. F. Haber, Prof. a. d. Techn. Hochsch. zu Karlsruhe. Karlsruhe, S. Braun, 1909. XVI u. 679 S. M 9,—.

Verfasser wie Übersetzer haben sich durch das Erscheinen der deutschen Ausgabe, die von Prof. Haber angeregt wurde, ein Verdienst erworben. Das vornehmlich für junge Studierende bestimmte Buch schließt sich an das in dieser Zeitschr. (*XVII 312*) eingehender besprochene Laboratoriumsbuch von A. Smith an und wird daher zunächst diejenigen interessieren, die von diesem Buch Kenntnis genommen haben. Aber auch darüber hinaus verdient es Beachtung. Indem es in der Anordnung im wesentlichen dem Mendelejeffschen System folgt, berücksichtigt es in besonderen Kapiteln wie in eingestreuten Erläuterungen die Anschauungen der modernen physikalischen Chemie in so ausgedehnter Weise, daß hierdurch das Ganze ein besonderes Gepräge erhält. Diese Ausführungen zur physikalischen Chemie, im ganzen in Ostwaldschem Geiste gehalten, zeichnen sich durch eigenartige Fassung und große Klarheit aus und geben dem Buch seinen großen Wert. Von Einzelheiten sei bemerkt, daß in den chemischen Gleichungen sehr zweckmäßig das Gleichheitszeichen stets durch einen einfachen Pfeil ersetzt ist, der die Richtung der Reaktion angibt; das übliche Zeichen für umkehrbare Reaktionen ergibt sich so von selbst. Auch der einen Niederschlag andeutende, nach unten gerichtete Pfeil, dem Ref. hier zum ersten Male begegnet, ist erwähnenswert und im Unterricht gut zu verwerten (z. B. $BaO_2 + H_2SO_4 \rightleftarrows BaSO_4 \downarrow + H_2O_2$). Auffällig ist, daß die Besprechung der „Flamme“ erst so spät erfolgt (S. 414 . . . 420). Von organischen Verbindungen sind auf $\backsim$ 21 Seiten hauptsächlich einige Kohlenwasserstoffe und Säuren, sowie die Kohlenhydrate nebst der Gärung berücksichtigt; auch wird der Begriff der Alkohole, Ester und Äther entwickelt. — Die Übersetzung ist ausgezeichnet. Die Schreibweise Azetylen ist zu beanstanden. — Das Buch sei der allgemeinen Beachtung empfohlen.

O. Ohmann.

Taschenbuch der Photographie, ein Leitfaden für Anfänger und Fortgeschrittene. Von Dr. E. Vogel, bearbeitet von Paul Hannecke. 19. u. 20. Aufl. (67.÷74. Tausend). Berlin, G. Schmidt (R. Oppenheim), 1908. VIII u. 334 S.,

131 Abb. im Text, 23 Tafeln, 21 Bildvorlagen. Geb. M 2,50.

Anleitung zur Photographie. Von G. Pizzighelli. 13. vermehrte u. verbesserte Auflage. Halle, W. Knapp, 1908. VIII u. 474 S., 255 Abb. im Text u. 27 Tafeln. Geb. M 4,50.

Beide Bücher verfolgen dasselbe Ziel, eine Einführung in das Gebiet für den noch nicht damit Vertrauten zu geben, und, wie die hohe Auflagenzahl erkennen läßt, mit gutem Erfolge. Das Buch von Vogel ist mehr elementar gehalten, behandelt kurz, aber klar alles Wesentliche, erläutert durch gute Textabbildungen, denen sich die vortrefflich ausgewählten Tafeln zur Erläuterung gewisser Fehler allgemeiner Natur sowie die Musteraufnahmen am Ende würdig anreihen. Der Inhalt gliedert sich in 9 Abschnitte: Einführung, die Apparate, Aufnahmeregeln, Dunkelkammer, Negativverfahren, Positivverfahren, Pausverfahren, Farbenphotographie, Chemikalientabelle.

Das Buch von Pizzighelli geht seinem größeren Format und Umfange entsprechend mehr ins Einzelne; sein Inhalt gliedert sich in der Hauptsache in die Abschnitte: Aufnahmeapparat, Negativprozeß, Positivprozeß, die praktische Durchführung der Aufnahmen. Auch die Dreifarben- und die Autochromphotographie sind behandelt. Es sind ferner im Text zahlreiche — überzählige — Musterphotogramme wiedergegeben, von denen besonders die schönen Alpenlandschaften von Dr. Kleintjes zu erwähnen sind, während zahlreiche andere leider in viel zu kleinem Maßstabe wiedergegeben sind, als daß die Rasterung der Autotypie sich nicht störend bemerkbar machte. *B. v. Cz.*

Chemisches Experimentierbuch für Knaben. Von Prof. Dr. K. Scheid. 2. verb. und verm. Aufl. Mit 79 Abb. Leipzig u. Berlin, B. G. Teubner, 1908. 209 S. Geb. M 3,50.

Das Buch wurde in dieser Zeitschr. (*XVIII. 315*) bereits einer eingehenden Besprechung unterzogen. Da den dort gegebenen Anregungen ausgiebig Folge gegeben ist, und auch sonst vom Verfasser mehrfache Verbesserungen hinzugefügt sind, so sei das Experimentierbuch als Anleitung für das praktische häusliche Arbeiten der Schüler von neuem angelegentlich empfohlen. *O.*

Programm-Abhandlungen.

Elementare Theorie der Wechselströme, ein Beitrag zur Behandlung der Wechselströme in der Oberstufe der Realanstalten, I. Teil. Von Dr. Franz Hochheim. Oberrealschule zu Weißenfels, Ostern 1908. 56 S. Progr.-Nr. 356.

Nach allgemeinen einleitenden Bemerkungen, in denen der Verfasser die Voraussetzungen für die Behandlung der dargestellten Theorie in der Prima von Oberrealschulen erörtert, wird zunächst die Messung der durchschnittlichen Intensität ungleichmäßiger Ströme durch ihre chemischen, magnetischen, elektrodynamischen und Wärmewirkungen dargestellt, wobei sich ergibt, daß die durch die beiden ersten Arten der Messung, ebenso die durch die beiden letzten zu gewinnenden Werte unter sich übereinstimmen müssen. Dann wird das Ohmsche Gesetz und die Beziehung zwischen elektromotorischer Kraft und Anzahl der geschnittenen Kraftlinien für veränderliche Ströme gewonnen. Unter den weiteren Abschnitten ist besonders zu erwähnen der über die Selbstinduktion und die Ableitung der durch sie bewirkten Phasenverschiebung, die weiter zum Ohmschen Gesetze für Wechselströme mit Selbstinduktion und dem wichtigen Begriffe der Impedanz führt. Ferner ergibt sich das ebenfalls zu unterstreichende Resultat, daß der Effekt eines Wechselstroms für gewöhnlich nicht gleich den Volt-Ampere, sondern gleich diesem Produkt, multipliziert mit dem Phasenfaktor, ist. Unter gewissen einschränkenden Voraussetzungen zeigt der Verfasser, daß die Klemmenspannungen an der primären und sekundären Spule eines Transformators sich wie die Windungszahlen der betreffenden Spulen verhalten. Zum Schluß wird an zwei Beispielen gezeigt, daß die ökonomische Übertragung elektrischer Energie mittels hochgespannter Wechselströme auf weitere Entfernungen möglich ist als durch Gleichströme.

Diese Andeutungen mögen genügen, um zu zeigen, daß hier wirklich die wichtigsten Eigenschaften und Gesetze der Wechselströme zur Darstellung kommen. Daß einige Kenntnis der Anfangsgründe der Infinitesimalrechnung dabei vorausgesetzt wird, steht mit der immer weiter fortschreitenden Bewegung zugunsten der Einführung der Differential- und Integralrechnung in die Oberrealschulen durchaus im Einklang. Dennoch paßt diese an sich sehr hübsch durchgeführte „elementare Theorie“ sicher nicht in die Schule. Die überwiegende Mehrzahl der

Schüler würde bald den Faden verlieren, der die 98 Endformeln der Abhandlung verbindet; die mathematischen Umformungen werden die Jungen derartig in Anspruch nehmen, daß ihnen ihr eigentlicher Zweck gänzlich aus den Augen rückt, ja es ist zu befürchten, daß sie auf halbem Wege ermüden und eine dauernde Abneigung gegen die Wechselströme fassen.

Es wäre sehr zu wünschen, daß dem Verfasser Gelegenheit gegeben würde, durch eigene Erprobung aus seiner für jeden Physiklehrer höchst anregenden und wertvollen Arbeit das herauszuschälen, was sich wirklich in die Unterrichtspraxis einführen läßt.

Keferstein - Hamburg.

Ein Lehrgang der Chemie am Gymnasium. Von Professor Dr. Essner. Königl. Progymnasium zu Kempen in Posen. Ostern 1908. Progr.-Nr. 214.

Die Arbeit gibt auf 13 Seiten einen anschaulichen Überblick über den vom Verfasser innegehaltenen Lehrgang. Sie gliedert sich in die Abschnitte: Atmosphärische Luft, Wasser, Kohle, Salzsäure und Kochsalz, Schwefel, Ammoniak und Salmiak, Salpeter und Salpetersäure. Wenn der Lehrgang auf ein Halbjahr berechnet ist, das wohl jetzt an allen Gymnasien als Mindestmaß für die Chemie angesetzt ist, so gibt er doch im ganzen etwas zu wenig. Sonst ist anzuerkennen, daß die Fortschritte der neueren Methodik mehrfach berücksichtigt sind. Zur Sauerstoffwegnahme aus der Luft das Magnesium zu verwenden (S. 6), ist nicht ratsam, da das glühende, sich oxydierende Metall auch reichlich Stickstoff absorbiert und Nitrid bildet. *O.*

Korrespondenz.

Preisausschreiben. Der Beirat für die Schulausstellungen bei den Deutschen Lehrerversammlungen veröffentlicht vier Preisausschreiben, zu denen der Verein Hamburger Landschullehrer und die Gesellschaft der Freunde des vaterländischen Schul- und Erziehungswesens in Hamburg Preise in der Höhe von je 100 Mark gestiftet haben. Die Preisausschreiben betreffen 1. eine Sammlung physikalischer Apparate für den Unterricht an ein- und zweiklassigen Landschulen; 2. eine Verdunkelungs-Vorrichtung für Klassenzimmer; 3. eine Sammlung von Diapositiven, die das Leben eines Wirbeltieres der deutschen Tierwelt veranschaulicht, und 4. eine Reihe von Karten, welche die wirtschafts-geographischen Verhältnisse Deutschlands (Industrie und landwirtschaftliche Verhältnisse, Handel und Verkehr) und deren Grundlagen bzw. Bedingungen (Bodenschätze, Temperaturverhältnisse usw.) darstellen. — Die näheren Bedingungen für diese Preisausschreiben und weitere Mitteilungen sind durch die Geschäftsstelle des Beirates, zurzeit das Schulmuseum des Sächs. Lehrervereins in Dresden, Sedanstraße 19, zu erhalten.

Die in dem Preisausschreiben geforderten Gegenstände sind für die Schulausstellung des Deutschen Lehrervereins zu Straßburg Pfingsten 1910 einzusenden, die unter 4. geforderten Karten erst Pfingsten 1912. Bezüglich der Sammlung physikalischer Apparate sind folgende Bedingungen gestellt: 1. Die Apparate müssen so ausgewählt werden, daß ihre Behandlung im Rahmen des Unterrichts an ein- und zweiklassigen Landschulen möglich ist. 2. Die zugrunde gelegte Stoffauswahl muß das Wichtigste aus allen Gebieten der Physik umfassen und ist mit vorzulegen. 3. Die Apparate müssen in engster Beziehung zu der Stoffauswahl stehen. 4. Die Apparate müssen einfach sein und der kindlichen Einsicht keine Schwierigkeiten bieten. 5. Als Vorzug der Sammlung soll die Möglichkeit gelten, Teile von Apparaten zum Zusammenbau anderer Apparate verwenden zu können. 6. Als Vorzug der Sammlung soll gelten, wenn die Apparate so beschaffen sind, daß sie zur Selbstanfertigung gleicher oder ähnlicher Apparate anregen und als Muster dienen können. 7. Als Vorzug der Sammlung soll gelten, wenn einzelne Apparate oder ihre Teile bei Schülerübungen Verwendung finden können. 8. Der Verkaufspreis der einzelnen Teile der Sammlung und der ganzen Sammlung ist anzugeben. Er wird bei der Beurteilung mit in Betracht gezogen. 9. Die Preisverteilung geschieht auf Grund der Gesamtleistung. 10. Der Preis kann zurückgezogen werden, wenn nach dem Urteil des Preisgerichts keine zur Auszeichnung geeigneten Sammlungen eingeliefert sind, auch kann der Preis geteilt werden, wenn gleichwertige Sammlungen zur Auszeichnung vorliegen.

Himmelserscheinungen im August und September 1909.

☿ Merkur, ♀ Venus, ☉ Sonne, ♂ Mars, ♃ Jupiter, ♄ Saturn, ☾ Mond, 0^h = Mitternacht.

	August 1	6	11	16	21	26	31
☿ AR	$8^h 32^m$	9.14	9.53	10.29	11. 1	11.30	11.57
☿ D	$+20^0$	$+18^0$	$+15^0$	$+11^0$	$+7^0$	$+4^0$	0
♀ AR	$10^h 25^m$	10.48	11.11	11.33	11.55	12.17	12.38
♀ D	$+11^0$	+ 9	+ 7	+ 4	+ 2	— 1	— 4
☉ AR	$8^h 44^m$	9. 3	9.22	9.41	10. 0	10.18	10.36
☉ D	$+18^0$	+ 17	+ 15	+ 14	+ 12	+ 11	+ 9
♂ AR	$0^h 21^m$	0.26	0.30	0.32	0.33	0.33	0.32
♂ D	-3^0	— 3	— 2	— 2	— 2	— 2	— 3
♃ AR		11.10		11.17		11.25	
♃ D		+ 7		+ 6		+ 5	
♄ AR	$1^h 30^m$						
♄ D	$+7^0$						
☉ Aufg.	$4^h 20^m$	4.28	4.36	4.45	4.53	5. 1	5.10
☉ Unterg.	$19^h 51^m$	19.42	19.33	19.23	19.12	19. 1	18.50
☾ Aufg.	$20^h 19^m$	22. 7	—	4.42	10.29	16.25	19.36
☾ Unterg.	$3^h 0^m$	10.13	16.55	20. 6	21.16	23.32	4.48
Sternzeit im mittl. Mittg.	$8^h 37^m 40^s$	8.57.23	9.17. 5	9.36.48	9.56.31	10.16.14	10.35.57
Zeitgl.	$+ 6^m 9^s$	+ 5.45	+ 5. 6	+ 4.14	+ 3. 8	+ 1.51	+ 0.23

	September 5	10	15	20	25	30
☿ AR	12.21	12.44	13. 4	13.21	13.33	13.37
☿ D	-3^0	-7^0	-10^0	-12^0	-13^0	-14^0
♀ AR	13. 0	13.22	13.44	14. 7	14.30	14.53
♀ D	— 6	— 9	— 11	— 13	— 16	— 18
☉ AR	10.55	11.13	11.31	11.48	12. 6	12.24
☉ D	+ 7	+ 5	+ 3	+ 1	— 1	— 3
♂ AR	0.29	0.25	0.20	0.15	0. 9	0. 4
♂ D	— 3	— 3	— 4	— 4	— 4	— 5
♃ AR	11.33		11.41		11.49	
♃ D	+ 4		+ 3		+ 2	
♄ AR	1.27					
♄ D	+ 6					
☉ Aufg.	5.18	5.26	5.35	5.43	5.51	6. 0
☉ Unterg.	18.39	18.27	18.15	18. 3	17.51	17.39
☾ Aufg.	21.12	0.11	6. 2	11.51	16.44	18.31
☾ Unterg.	12.11	17.23	18.57	20.14	—	6.45
Sternzeit im mittl. Mittg.	10.55.39	11.15.22	11.35. 5	11.54.48	12.14.30	12.34.13
Zeitgl.	— 1.13	— 2.54	— 4.39	— 6.25	— 8. 9	— 9.51

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Herbstanfang am 23. September, $17^h 45^m$ M.E.Z.

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
			Aug. 1, $22^h 14^m$	Aug. 8, $13^h 10^m$
	Aug. 16, $0^h 55^m$	Aug. 24, $4^h 55^m$	Aug. 31, $6^h 8^m$	Sept. 6, $20^h 44^m$
	Sept. 14, $16^h 9^m$	Sept. 22, $19^h 31^m$	Sept. 29, $14^h 5^m$	

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im August	unsichtbar	abends etwa ½ Stunde lang sichtbar	fast die ganze Nacht hindurch sichtbar	unsichtbar	zuletzt 7½ Stunden lang vor Sonnenaufgang sichtbar
im September	unsichtbar	wie im August	die ganze Nacht hindurch sichtbar, Opposition am 24.	unsichtbar, Konjunktion am 18.	die ganze Nacht hindurch sichtbar

Veränderliche Sterne (M.E.Z.):

Aug. 16	20^h	η Aquilae-Min.	Sept. 7		o Ceti-Min.	Sept. 18	21^h	β Lyrae-Min.
21		R Lyrae-Max.	14		R Lyrae-Min.	21	23^h	β Lyrae-Max.
26	$23^h 27^m$	Algol-Min.	16	22^h	η Aquilae-Max.	28	21^h	η Aquilae-Min.
29	$20^h 16^m$	Algol-Min.						

F. Koerber.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XXII. Jahrgang. **Fünftes Heft.** September 1909.

Beiträge zur Mechanik und Wärmelehre.

Von
Karl Fuchs in Preßburg.

1. Über Schwebekörper.

Unter einem Schwebekörper wollen wir einen Körper verstehen, der in einer Flüssigkeit weder untersinkt noch emporsteigt, also dasselbe spezifische Gewicht hat wie die Flüssigkeit.

Schwebekörper für Wasser habe ich mir gerne aus Glasröhrchen von etwa 7 cm Länge und 6 mm Durchmesser gemacht. Man schmelzt das eine Ende zu, zieht das andere Ende in eine Spitze aus, läßt etwas Wasser in das Röhrchen und schmelzt es zu. Ein solcher Schwebekörper oder Schwimmer schwebt nur in Wasser von bestimmter Temperatur. Durch Anschleifen eines Endes kann man den Schwimmer justieren. Man überzeugt sich leicht, daß eine Temperaturschwankung von einem Hundertstel Grad den Schwimmer schon bis an den Boden sinken oder bis an die Oberfläche steigen macht. Diese außerordentliche Empfindlichkeit kann man auf mannigfache Art nutzbar machen.

a) In Schulen ist es oft vorgeschrieben, daß die Zimmertemperatur im Winter zwischen zwei gewissen Schwellen, etwa zwischen 14^0 und 16^0, liegen müsse. Das Klassenthermometer zeigt das wohl an; man sieht es aber nicht, wenn man nicht ganz nahe hintritt und genau hinsieht.

Man hilft sich auf folgende Weise. Man nimmt zwei etwa spannenlange Glasröhren, füllt sie mit Wasser und tut in die eine Röhre einen Schwimmer, der bei 14^0 schwebt, in die andere Röhre einen Schwimmer, der bei 16^0 schwebt, und schmelzt die Röhren zu. Die Schwimmer macht man nicht von durchsichtigem, sondern von weiß gefärbtem Glase, so daß man sie aus großer Entfernung sehen kann, die beiden Röhren aber befestigt man an einem Wandbrett. Wenn es im Schulzimmer zu kalt ist, sind beide Schwimmer ganz oben; wenn es zu warm ist, sind beide Schwimmer ganz unten; solange die Temperatur sich innerhalb der Toleranz hält, ist ein Schwimmer ganz oben, einer ganz unten. Das sieht man auch im größten Lehrsaale.

Solche Schwellenthermometer für S c h u l e n verfertigt nach meinen Angaben Ferdinand Ernecke in Berlin.

b) Unter Schwellenthermometer im allgemeinen wollen wir ein (etwa spannenlanges) geschlossenes Glasrohr verstehen, das Wasser enthält, in dem sich ein Schwimmer befindet, der auf eine bestimmte Temperatur, auf eine bestimmte Schwelle, gestimmt ist.

In der Chemie ist es oft der Fall, daß die Temperatur in einem Raume oder in einer Flüssigkeit eine bestimmte Schwelle nicht überschreiten darf. Man kann in diesen Raum oder in diese Flüssigkeit außer dem Quecksilberthermometer auch noch ein entsprechendes Schwellenthermometer geben. Man erspart sich dann viel Mühe, denn solange die Temperatur noch tolerabel ist, steht der Schwimmer ganz oben; sowie die Temperatur aber auch nur um $0{,}01^0$ die Schwelle überschreitet, sinkt der Schwimmer bis auf den Boden; das sieht man aber schon von weitem und ohne Sorg-

falt. Das Schwellenthermometer reagiert allerdings ziemlich langsam; aber auch die Temperaturänderungen sind ja nicht jäh.

c) Ein Schwebekörper entspricht eigentlich einer bestimmten Dichte, nicht einer bestimmten Temperatur der Flüssigkeit; der Temperatur entspricht er nur indirekt insofern, als mit der Temperatur die Dichte sich ändert. Bei behördlichen Untersuchungen (Kontrollen) von Flüssigkeiten kommt es in der Regel nicht darauf an zu messen, wie groß die Dichte der fraglichen Flüssigkeit ist, sondern nur darauf, ob die Dichte nicht eine gewisse Schwelle nach oben oder nach unten überschreitet. Das zu erkennen, braucht man kein Aräometer; da genügt ein amtlich geeichter Schwimmer, der nichts als ein Stückchen starkes Glasrohr, ein einfacher Glaskörper ist. Der Schwimmer befindet sich zweckmäßig in der Pipette selber, mit der man die Probe aushebt. So ein Schwimmer spricht eine viel klarere Sprache als ein Aräometer, denn er ist entweder ganz oben oder ganz unten, und das sieht auch der Ungeübteste.

d) Es ist wohl wenig bekannt, daß der Cartesianische Taucher das vollendetste Aräometer ist. Ein Kardinalmangel der gebräuchlichen Aräometer ist die Kapillarwirkung der Flüssigkeitsoberfläche. Diese störende Wirkung kann man so umgehen. Als Aräometer verwendet man einen Körper gleich einem offenen Thermometerglas: ein enges Glasrohr mit angeblasener Kugel oder angeblasenem Zylinder. In einer Flüssigkeit stellt sich das leere Glas natürlich mit der Kugel nach oben. Man kann diesen Schwimmer so justieren, daß er etwa in einer Flüssigkeit von der Dichte 1,1 schwebt. In einer dichteren Flüssigkeit wird er also nach oben steigen. Wenn man aber die Flüssigkeit wie beim Cartesianischen Taucher unter Druck setzt, dann wird von unten her Flüssigkeit in das Rohr des Schwimmers steigen, und endlich wird der Schwimmer sinken. Je dichter die Flüssigkeit ist, um so höher muß die Flüssigkeit im Rohr des Schwimmers steigen, und man kann am Rohr eine Skala anbringen, die die entsprechende Dichte anzeigt. Im Rohr ist allerdings jetzt auch der kapillare Meniskus am oberen Ende des Flüssigkeitsfadens vorhanden. Dieser Meniskus hat aber absolut keinen Einfluß auf das Steigen oder Fallen des Aräometers; die Kapillaritätsstörung ist also vollkommen ausgeschaltet.

2. Die Wage.

Die Wage hat gewöhnlich einen nach unten gerichteten Zeiger Z, der über eine bogenförmige Skala läuft. Man hat da eine große Erleichterung aus der Hand gegeben, wie gezeigt werden soll.

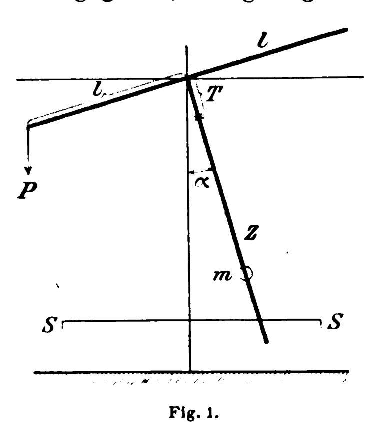


Fig. 1.

Eine Wage (Fig. 1) habe die Armlänge l, und der Schwerpunkt des leeren Wagebalkens vom Gewicht B liege in der Tiefe λ unter der Achse. Wenn man nun an die linke Schneide eine Last P hängt, dann dreht sich der Balken um einen Winkel α, und die Gleichgewichtsbedingung lautet:

$$Pl\cos\alpha = B\lambda\sin\alpha$$

oder

$$P = \frac{\lambda}{l}\cdot B\,\mathrm{tg}\,\alpha\,.$$

Wir sehen daraus, daß die homogene (gleichteilige) Skala S, über die der Zeiger läuft, horizontal und gerade sein muß. Der Zeiger zeigt dann das Gewicht P genau an, auch wenn der Ausschlag der Wage groß, also etwa 20° ist.

Man kann diesen Umstand etwa auf folgende Art verwerten. Der Skala gibt man eine Länge von etwa 10 cm, also 5 cm nach jeder Seite. Man kann dann etwa hundert Stufen ablesen. Wenn man im Schulversuch auf 0,1 g genau wägen will, dann be-

herrscht man also bei entsprechender Justierung auf der Skala ein Gewichtsintervall von 10 g. Um die Skala auf ein bestimmtes Gewichtsintervall (also etwa 10 g) einstellen zu können, gibt man dem Zeiger ein Laufgewicht m, das eventuell ausgewechselt werden kann. Je größer man das Laufgewicht wählt, und je tiefer man es am Zeiger befestigt, um so größer ist der Gewichtszuwachs, der einer Zeigerverschiebung von 1 mm entspricht. Bei den angenommenen Maßen braucht man also bei einer Wägung an die rechte Schneide nur Gewichtsstücke von je 10 g zu hängen; die Gramme und Dezigramme liest man (bald positiv, bald negativ) an der Zeigerskala ab. Man erspart sich so sehr viel lästige Arbeit.

Das Skalenblatt macht man zweckmäßig horizontal, so daß der Zeiger in einem Schlitz läuft; die Ablesung ist dann gewöhnlich bequemer und genauer.

Das Brett, die Fundamentplatte der Wage, ist oft sehr unbequem. Ich ziehe es vor, der Wage als Fundament ein schweres eisernes T zu geben; die Säule der Wage ist am Ende des mittleren Armes des T eingeschraubt.

3. Zweischneidenwage.

Ein Brett von etwa 100 cm Länge und 10 cm Breite (Fig. 2) steht auf zwei Schneiden $s_1\, s_2$ von etwa $L = 10$ cm Abstand. Auf dieses Brett vom bekannten Gewichte Q legen wir eine Last vom unbekannten Gewichte P, und es gilt, mittels des bekannten Laufgewichtes p das Gewicht P zu bestimmen.

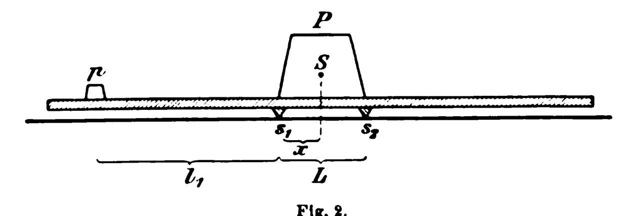


Fig. 2.

Das System Last + Brett hat einen Schwerpunkt S im Abstand x von der ersten Schneide s_1. Mittels des Laufgewichtes p äquilibrieren wir das System zuerst über der Schneide s_1, und da erhält p den Arm l_1. Es gilt dann:

$$p\, l_1 = (P + Q)\, x\,. \qquad 1)$$

Sodann äquilibrieren wir das System mittels des Laufgewichtes p auch über der Schneide s_2; p erhält da den Arm l_2, und es gilt:

$$p\, l_2 = (P + Q)\,(L - x)\,. \qquad 2)$$

Wenn wir die beiden Gleichungen addieren, dann fällt x aus:

$$p\,(l_1 + l_2) = (P + Q)\, L\,. \qquad 3)$$

Wenn wir L zur Längeneinheit der Skala nehmen, dann gilt einfacher:

$$p\,(l_1 + l_2) = P + Q\,. \qquad 4)$$

Es ist also wie bei der Dezimalwage ganz gleichgültig, wohin wir die Last P legen. Vom gefundenen Gewicht haben wir das Gewicht Q der Brücke abzuziehen.

Diese Zweischneidenwage erlaubt eine Menge Variationen, von denen wir einige behandeln wollen. —

Die beiden Lagen des Laufgewichtes haben voneinander einen Abstand l, so daß $l = l_1 + l_2 + L$ ist. Statt 3) können wir also schreiben:

$$p\,(l - L) = (P + Q)\, L$$

oder einfacher:

$$p\, l = (P + Q + p)\, L$$

oder, wenn L die Längeneinheit der Skala ist:

$$p\, l = P + Q + p\,.$$

Als Arm des Laufgewichtes haben wir also den Abstand l seiner beiden äquilibrierenden Lagen anzusehen, und vom gefundenen Gewicht haben wir Brücke und Laufgewicht abzuziehen. —

Wir haben bisher angenommen, daß die beiden Schneiden an der Brücke befestigt sind. Wir können aber auch annehmen, daß die beiden Schneiden an der Unterlage befestigt sind, und die Brücke ein einfaches Brett ist, das über die beiden Schneiden gelegt wird. Offenbar ändert das an den Formeln gar nichts. Es ist also nicht nur die Lage der Last zu den Schneiden, sondern auch die Lage der Brücke zu den Schneiden gleichgültig. Wir können also als Brücke irgendein Brett mit Meterskala nehmen.

Die Freiheit geht noch weiter. Wir brauchen nicht gerade die Lage des Schwerpunktes des Laufgewichtes auf der Skala abzulesen; wir können zur Ablesung auch den rechten Rand oder den linken Rand des Laufgewichtes verwenden; denn wenn die beiden Lagen des Schwerpunktes einen gewissen Abstand l haben, dann haben auch die beiden Lagen eines beliebigen Punktes des Laufgewichtes den Abstand l.

Die Firma Ferdinand Ernecke in Berlin-Tempelhof hat sich bereit erklärt, solche Wagen zu liefern.

4. Das Trägheitsmoment.

Das Trägheitsmoment $\Sigma m r^2$ wird auch in den Mittelschulen behandelt. In diesem Ausdruck $\Sigma m r^2$ ist r der Abstand eines Massenelementes m von der Drehungsachse eines Körpers von der Masse $M = \Sigma m$. Um das Trägheitsmoment zu veranschaulichen, sagt man häufig: das Trägheitsmoment ist (numerisch) gleich der Masse M', die im Achsenabstand $r = 1$ den Körper von der Masse M vertreten könnte.

Diese Form der Veranschaulichung halte ich für nicht zweckmäßig. Wenn wir vom Schwerpunkt sprechen, dann sagen wir, der Schwerpunkt wäre der Punkt, in dem wir die ganze Masse M des Körpers vereint denken können. Ähnlich würde ich der Veranschaulichung des Trägheitsmomentes diese Gleichung zugrunde legen:

$$\Sigma m r^2 = M R^2 \qquad 1)$$

Die Größe R nenne ich den Trägheitsradius[1]) und sage: Der Trägheitsradius R ist der Achsenabstand, in dem wir die ganze Masse M des Körpers vereint denken können. Noch besser in vielen Hinsichten ist der Satz: Irgendeinen Körper von der Masse M können wir ersetzen durch einen Ring von derselben Masse M, dessen Achse die Drehungsachse ist, und dessen Radius R durch die Gleichung 1) bestimmt ist. In der Maschinentechnik ist es häufig der Fall, daß man das Trägheitsmoment eines Stückes in Rechnung zu ziehen hat, und nicht immer ist das gerade ein Schwungrad. Die Formeln werden dann außerordentlich durchsichtig, wenn man das Trägheitsmoment stets in der empfohlenen Form $M R^2$ schreibt. Auch ist es dann viel leichter, die dynamischen Gleichungen aufzustellen.

5. Berechnung von Trägheitsmomenten.

Das Trägheitsmoment eines Ringes von der Masse M und dem Radius r in bezug auf eine Achse, die normal zur Ringebene durch den Mittelpunkt geht, ist bekanntlich

$$T_1 = \Sigma m r^2 = M r^2,$$

wo m die Masse eines Massenelementes ist.

Das Trägheitsmoment des Ringes in bezug auf einen Durchmesser finden wir so. Durch den Mittelpunkt des Ringes legen wir ein Achsenkreuz $x\,y$. In bezug auf die x-Achse ist das Trägheitsmoment:

$$T_2 = \Sigma m y^2.$$

In bezug auf die y-Achse ist das Trägheitsmoment:

$$T_2 = \Sigma m x^2.$$

[1]) Anm. der Redaktion. Die Einführung des Trägheitsradius ist in England allgemein üblich und verdient auch bei uns Beachtung.

Durch Addition finden wir:

$$2\,T_2 = \Sigma\, m\,(x^2 + y^2) = \Sigma\, m\,r^2 = T_1\,.$$

Also:

$$T_2 = \frac{1}{2}\,T_1\,.$$

Das Trägheitsmoment um den Diameter ist also halb so groß als das Moment in bezug auf die geometrische Achse.

Das Trägheitsmoment einer Kugelschale in bezug auf einen Durchmesser finden wir so. Wir legen durch den Kugelmittelpunkt ein Achsenkreuz $x\,y\,z$. Wenn wir für jede Achse einzeln das Moment anschreiben, dann finden wir die drei Ausdrücke:

$$T_3 = \Sigma\, m\,(x^2 + y^2) \qquad T_3 = \Sigma\, m\,(y^2 + z^2) \qquad T_3 = \Sigma\, m\,(z^2 + x^2)\,.$$

Wenn wir addieren, dann finden wir:

$$3\,T_3 = 2\,\Sigma\, m\,(x^2 + y^2 + z^2) = 2\,\Sigma\, m\,r^2 = 2\,M\,r^2$$

oder:

$$T_3 = \frac{2}{3}\,M\,r^2\,.$$

Das Trägheitsmoment einer Kugelschale in bezug auf einen Durchmesser beträgt also zwei Drittel des Trägheitsmomentes eines Ringes von gleicher Masse M und gleichem Radius r in bezug auf die geometrische Achse.

6. Das Wärmeäquivalent.

Auf elektrischem Wege kann man bekanntlich Temperaturunterschiede von 0,001° und selbst 0,0001° sicher messen. Wo man irgendein empfindliches Differenzthermometer zur Verfügung hat, kann man das Wärmeäquivalent fast fehlerfrei auf folgende Art bestimmen.

In eine Hartgummi-Platte P (Fig. 3) sind zwei ganz gleiche Apparate I und II eingelassen. Beide sind nichts anderes als oben offene Rohre mit doppelten Wänden. Die äußere Wand enthält viele Hundert sehr feine Bohrungen. In den Zwischenraum etwa des rechten Apparates (I) wird Flüssigkeit (Wasser der Wasserleitung oder besser Öl) unter hohem, durch ein Manometer ständig kontrollierten Druck gepreßt. Die Flüssigkeit spritzt in feinen Strahlen durch die feinen Öffnungen und erwärmt sich; sie gelangt in die innere Wanne A, umspült den linken Apparat, gelangt dann ganz links in die äußere Wanne B, umspült nach rechts fließend die innere Wanne und fließt ganz rechts in verschiedenen Höhen ab, so daß die Flüssigkeitsströmung im ganzen Apparat in allen Höhen gleichmäßig erfolgt.

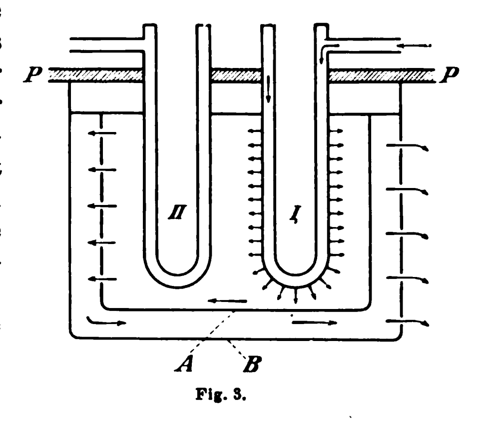


Fig. 3.

Im Raume I herrscht dann die Temperatur der Flüssigkeit vor der Erwärmung durch Reibung, im Raume II aber die Temperatur nach der Erwärmung, und in diese Räume führt man die temperaturempfindlichen Elemente ein. Nach einigen Stunden kann man die Stromrichtung umkehren, indem man die Flüssigkeit in den linken Apparat leitet. Auch die Wannen müssen dann gedreht werden. Wenn man auf eine Umkehrung der Strömung verzichtet, dann ist am linken Rohre die poröse Wand überflüssig.

Bei diesem Apparate sind die Fehlerquellen auf ein Minimum reduziert. Man hat den Vorteil, den Versuch beliebig lang, tagelang laufen zu lassen, und der Zustand bleibt doch vollkommen stationär. Man hat auch den Vorteil, mit den Mittelwerten, d. i. mit dem mittleren Druck und den mittleren Temperaturen, rechnen zu können.

Wenn man als Flüssigkeit Wasser nimmt, und die Leitung 5 Atmosphären Druck hat, dann beträgt die Erwärmung durch Reibung etwa 0,1°; wenn man Öl nimmt, beträgt die Erwärmung etwa 0,5°. Um das Öl in den Apparat zu pressen, braucht man keinen besonderen Pumpapparat; man kann das Öl aus dem geschlossenen Ölgefäß durch zugeleitetes Leitungswasser pressen lassen. Man braucht dann zwei alternierend wirkende Ölbehälter: während der eine sich leert, füllt sich der andere. Leider hat Öl auch Nachteile.

Versuche für Schülerübungen.

2. Hebel und Rollen.

Von

Gg. Heinrich in Neustadt a. d. Haardt.

In dieser Zeitschrift (21, 240; 1908) wurde auf die Verwendung eines runden Stahlstäbchens als Kraftzeiger für Versuche über das Kräfteparallelogramm hingewiesen. Wie ich höre, haben diese Versuche schon an verschiedenen Schulen ihren Weg in die Übungen gefunden. Ich möchte mir daher erlauben mitzuteilen, wie ich diesen Stabkraftzeiger noch anderweitig, und zwar für Versuche über Hebel und Rollen, verwende.

„Der Unterricht soll so weit als irgend möglich an die in der Natur sich abspielenden Vorgänge anknüpfen und von den auf Grund von Experimenten gewonnenen Erfahrungen ausgehen.“ So heißt es in unserem neuen bayrischen Lehrplan für die Real- und Oberrealschulen; jeder Physiker wird sich diesen Forderungen mit Freuden anschließen, beim Hebel kann man ihnen besonders leicht gerecht werden. Jeder Schüler hat schon einmal an einer Hebelschaukel, wie sie ein über einen Balken od. dgl. gelegtes Brett darstellt, Versuche gemacht und bringt also die Erfahrung mit, daß beim Hebel die Drehwirkung einer Kraft außer von ihrer Größe auch von ihrem Hebelarm abhängt. Das Gesetz dieser Abhängigkeit soll der Schüler durch Versuche selbst finden. Die Versuche sollen ihn aber auch darauf führen, zu beobachten, welche Rolle die Hebelstange selbst und die Drehachse spielen. Diese beiden wesentlichen Punkte kommen bei den Versuchsgeräten, wie sie zur Vorführung im Unterricht ja in so schöner Form uns dargeboten werden, nicht zu ihrem Recht. Mehr ist dies der Fall bei den Versuchen für Schülerübungen, die ich hier beschreiben will.

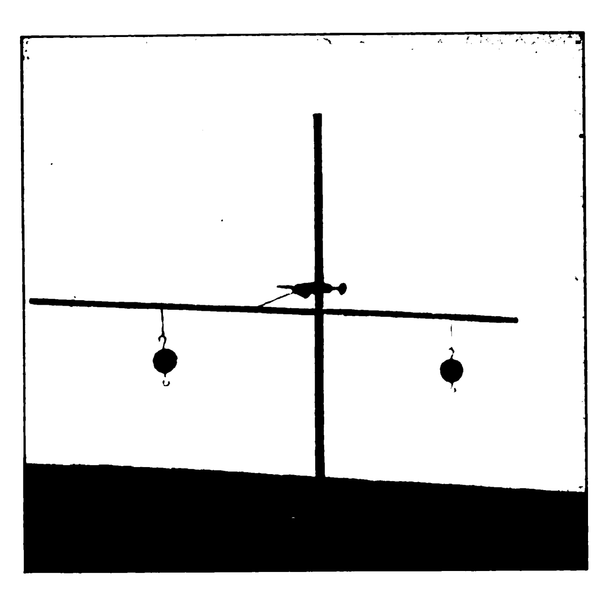


Fig. 1.

Das Stahlstäbchen (a. a. O. S. 241) wird in wagerechter Richtung an dem Bunsenständer festgeklemmt. Es dient als Drehachse für eine Hebelstange aus leichtem

Holz; den Querschnitt der Hebelstange wähle ich etwa 1 × 0,5 cm (s. Fig. 1 u. 2). Das Korkstückchen am Ende des Stahlstäbchens verhindert ein Abrutschen der Hebelstange nach vorn. Über das Holzstäbchen werden Schlingen aus Nähfaden geschlungen und in diese Schlingen die Hakengewichte (a. a. O. S. 242) eingehängt. Die Schlingen werden dann so lange verschoben, bis Gleichgewicht herrscht. Der Schüler mißt die Hebelarme mit dem m-Stab ab, den er an die Hebelstange anlegt, und schreibt sich Kräfte und Hebelarme auf. Werden in dieser Weise mehrere Versuche mit verschiedenen Kräften gemacht, so drängen sich dem Schüler zugleich zwei Beobachtungen auf. 1. Die Hebelstange biegt sich durch, vielleicht bricht sogar einmal eine Stange, und ein solcher Unfall wird dann freudig begrüßt, zeigt er doch, daß die Festigkeit des Hebels eine wesentliche Rolle spielt. 2. Die Drehachse, das Stahlstäbchen, biegt sich auch, und zwar um so mehr, je größer die Belastung des Hebels ist. Die Biegung der Achse wird nun weiter verfolgt. Zu diesem Zwecke versehen wir das Stahlstäbchen mit einer Verlängerungsstange. Diese besteht einfach aus einem Stück Draht, das vorn spitz zugefeilt und hinten zu einer Spirale gebogen ist; diese Spirale wird auf das Ende des Stabkraftzeigers geschoben. Das spitze Ende des Verlängerungsdrahtes spielt über der Teilung eines m-Stabes, den wir senkrecht aufstellen (Fig. 2). Aus der Figur geht hervor, daß der m-Stab mit einer Schraubzwinge zwischen zwei Brettchen (10 × 10 × 2 cm) festgeklemmt wird; die Brettchen und eine Kante der Schraubzwinge sichern ihm einen genügend festen Stand. Zunächst eichen wir nun den Stabkraftzeiger. Wir hängen an sein Ende Gewichte, lesen die Biegungspfeile ab und zeichnen die Eichungskurve, eine Gerade. Die Schüler sind von früher her mit diesen Versuchen schon vertraut. Dann werden die Hebelversuche wiederholt und besonders darauf geachtet, daß die Biegung des Stahlstäbchens von der Länge der Hebelarme unabhängig ist.

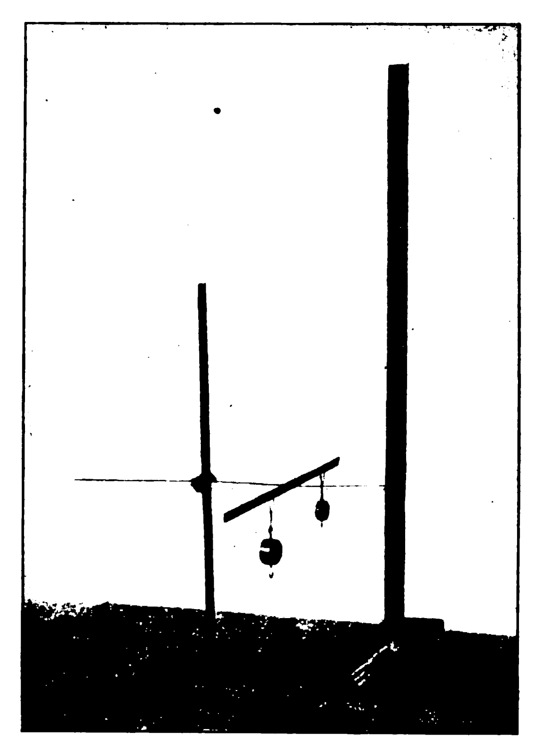


Fig. 2.

Die Biegung zeigt nun eine an der Drehachse angreifende Kraft an. Entnimmt man die Größe dieser Kraft aus der Eichungskurve, so sieht man, daß diese Resultante gleich der Summe der am Hebel wirkenden Kräfte ist. Dieselben Versuche lassen sich sofort auch für den einarmigen Hebel durchführen und sind für diesen besonders wichtig. Die Anordnung ist in Fig. 3 gezeichnet. Über der Hebelstange ist am Bunsenständer ein Eisenstab festgeklemmt, und dieser trägt die Rollen für die nach oben wirkenden Kräfte. m-Stab und Verlängerungsstange sind der Einfachheit halber in der Zeichnung weggelassen.

Auf der Unterstufe wird man sich mit den angedeuteten Versuchen wohl meist begnügen. Will man aber auch die Wirkung von Kräften, die mit der Hebelstange andere als rechte Winkel bilden, untersuchen, so bleibt unsere Versuchsanordnung natürlich völlig verwendbar. Wir brauchen nur die Schraubzwingen mit Rollen (a. a. O. Fig. 3) zu Hilfe zu nehmen und die Spitze der Verlängerungsstange unseres Kraftzeigers über einem Bogen quadrierten Papieres spielen zu lassen (a. a. O. Fig. 4).

Daß bei Rolle und Flaschenzug das Seil die Hauptsache ist, dürfte nach Grimsehls Vorgang jetzt wohl allgemein in den Schulen betont werden. Will man durch Versuche ermitteln, wie die Aufhängevorrichtungen beansprucht werden, so kann man an den Bunsenständer selbst oder an die Querstange von Fig. 3 die Stabkraftzeiger festklemmen und die Rollen an diesen aufhängen.

Ich möchte noch etwas bemerken. Eine große Schwierigkeit bei der Durchführung von Schülerübungen „in gleicher Front" liegt darin, daß die einzelnen Gruppen nie zu gleicher Zeit fertig werden. Man wird die rascher und geschickter arbeitenden Gruppen einige Versuche mehr machen lassen und dadurch und durch andere Maßnahmen einen gewissen Ausgleich erzielen können, aber ein Fertigwerden zu genau gleicher Zeit ist fast nie zu erreichen, es ist in den meisten Fällen auch nicht einmal wünschenswert. Wie sind nun die Schüler, die früher mit den Versuchen zu Ende kommen, zu beschäftigen? Ich habe da folgendes erprobt. Während der Versuche machen die Schüler ihre Aufzeichnungen und Skizzen in kleine Büchlein, die sie in der Hand halten. Auf Grund dieser Aufzeichnungen werden dann die Einträge ins Physikheft gemacht. Eine Zeichnung und ein paar erläuternde Worte sollen hier die Versuchsanordnung in Erinnerung bringen, die Messungen werden übersichtlich in Tafeln zusammengestellt und zum Schlusse das daraus gezogene Ergebnis in knapper Form festgelegt. Junge Leute von 14—16 Jahren, und um solche handelt es sich auf der Unterstufe, haben aber noch keine Gewandtheit in der Anordnung von Zeichnungen und Tafeln. Um den Schülern diese Anordnung zu erleichtern, lege ich ihnen anfänglich die Zeichnungen und Tafeln in Musterblättern vor. Ist nun eine Gruppe fertig, und sind die Versuche von mir geprüft, so kann diese Gruppe im Physiksaal, der neben dem Arbeitsraum liegt und mit diesem durch eine Türe und ein Fenster verbunden ist, die Musterblätter betrachten und dann in Erinnerung an das Gesehene mit den Eintragungen ins Physikheft beginnen.

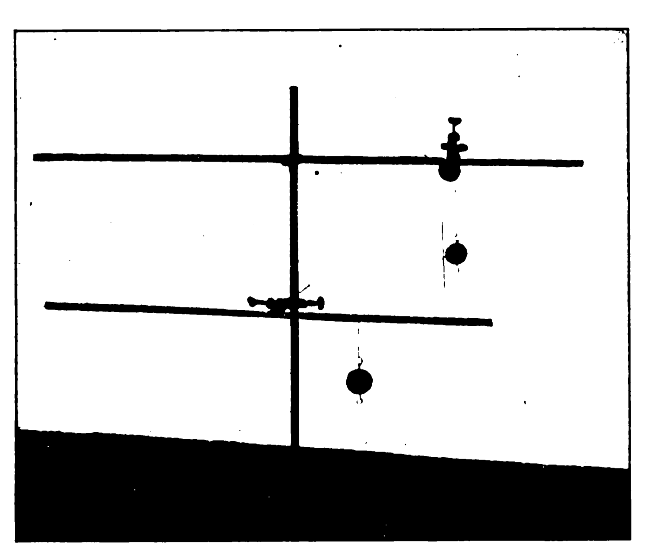


Fig. 3.

Zum Schlusse wäre noch zu erwähnen, daß die Kosten für die beschriebenen Versuche sehr gering sind. Die meisten Sachen sind schon bei den Versuchen über das Kräfteparallelogramm benützt. Ein m-Stab gehört zur Ausrüstung eines jeden Arbeitsplatzes. Die Hebelstangen sind um ein paar Pfennige zu haben, und die Eisenstangen (Fig. 3) kosten etwa 30 Pf. das Stück. Diese Stangen sind 1 m lang. Wir haben auf denselben eine dm-Teilung eingefeilt; sie finden außer bei den beschriebenen Versuchen noch anderweitig Verwendung.

Beiträge zur elementaren Theorie des Hohlspiegels und der Linse[1]).

Von

V. Dvořák in Agram.

A. Bild der Sonne und des Mondes.

Nicht nur Anfänger, sondern auch Lehrbücher (!) behaupten, daß die auf einen Hohlspiegel oder Linse auffallenden Sonnenstrahlen sich in einem „Punkte" vereinigen, nämlich dem Brennpunkt[2]). Daß man dann in den Fernrohren die Sonne (und auch den Mond) als bloße Punkte sehen müßte, daran denkt natürlich niemand[3]).

Die Schuld daran tragen in erster Linie die Lehrbücher, welche von der Abbildung sehr entfernter Objekte konsequent schweigen, obwohl ohnedem ein richtiges Verständnis des Fernrohres nicht möglich ist; ja sie verlegen dem Anfänger geradezu den Weg zum Verständnis, indem sie stets nur von einem Brennpunkte sprechen, statt von unendlich vielen. Da ein Hohlspiegel unendlich viele Achsen hat, muß er auch unendlich viele Brennpunkte haben, die alle auf einer Kugelfläche liegen, die man mit einer Ebene vertauschen kann (der Brennebene), da ja die Öffnung des Hohlspiegels sehr klein angenommen wird.

Aber auch eine Linse hat unendlich viele Achsen, unendlich viele Brennpunkte und eine Brennebene.

Um dem Anfänger die Abbildung sehr entfernter Objekte beim Hohlspiegel zu erklären, nehme man als Objekt den gestirnten Himmel.

Es sei (Fig. 1) S'_∞ ein Stern; sein Bild wird sich im Brennpunkt F' befinden; das Bild vom Sterne S''_∞ ist im Brennpunkt F''. Fig. 2 zeigt dieselbe Konstruktion für eine Linse.

Fig. 1.

Es sei nun $S'_\infty\, S''_\infty$ die Sonne: dann nehme man am oberen Rande der Sonne einen leuchtenden Punkt, den man als Stern betrachten kann, ebenso am unteren Rande. Der Durchmesser des Sonnenbildes ist $F'F''$.

Dieselbe Konstruktion gilt für jedes sehr entfernte Objekt; es kann z. B. S'_∞ den Gipfel eines sehr entfernten Berges bedeuten, ebenso S''_∞[4]); man sieht, daß die Konstruktion sehr entfernter Objekte einfacher ist als die nahe gelegener.

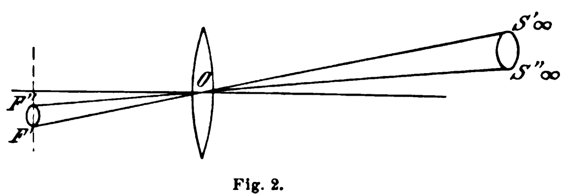


Fig. 2.

Für die Sonne (und im Durchschnitt auch für den Mond) ist der Winkel $S'_\infty\, O\, S''_\infty$ angenähert 32'; der Durchmesser des Sonnenbildes $F'F''$ ist also $= F'O \times \textit{arcus}\, 32'$.

Nun ist arcus 32' angenähert $= {}^1/_{100}$ (in Wirklichkeit um etwa 7 % kleiner). Es gilt also für Hohlspiegel und Linse folgender Satz: „Der Durchmesser des Sonnenbildes ist angenähert gleich dem $^1/_{100}$ Teil der Brennweite"[5]). Man

---

[1]) Nach einer Mitteilung des Verfassers im „Nastavni vjesnik", Bd. XVI, Heft 6, 1908; der Vollständigkeit wegen mußte auch Bekanntes erwähnt werden.

[2]) So z. B. das in vielen Auflagen gedruckte Lehrbuch von J. Wallentin.

[3]) Dafür glauben die meisten Leute aus dem großen Publikum, daß in den heutigen Riesenfernrohren die Fixsterne vergrößert erscheinen, also als mehr oder minder große Scheiben.

[4]) Die Entfernung des Bildes vom Brennpunkte berechnet man am besten nach der Newtonschen Formel $\varphi\varphi' = f^2$; φ ist die Entfernung des Objektes, φ' die des Bildes vom Brennpunkt, f die Brennweite. Ist φ sehr groß gegen f, so verschwindet φ', d. h., das Bild fällt (praktisch) in den Brennpunkt.

[5]) Derselbe Satz gilt auch, wenn man das Sonnenbild mit Hilfe einer kleinen Öffnung ohne Linse erzeugt (Lochkamera), nur ist dann OF' die Entfernung des Schirmes von der Öffnung.

sollte diesen einfachen Satz in die Lehrbücher aufnehmen, damit endlich die so verbreitete irrige Meinung verschwinde, „daß sich die Sonnenstrahlen im Brennpunkte vereinigen".

Bei dem Pariser Riesenfernrohr beträgt die Brennweite des Objektivs 60 m, der Durchmesser des Sonnenbildes also 60 cm (genauer um 7 % weniger, also 55,8 cm).

Ein weiterer Grund für die früher erwähnte irrige Auffassung der Anfänger liegt darin, daß man ihnen fast nie das von einer Linse größerer Brennweite entworfene Sonnenbild zeigt, obwohl das sicher einer der wichtigsten optischen Versuche ist; höchstens läßt man auf eine Linse kleiner Brennweite Sonnenlicht auffallen, wobei das Sonnenbild sehr klein und so blendend hell ist, daß man es unmöglich beobachten kann, selbst wenn man es auf einem schwarzen Schirme auffängt. Für den Anfänger erweckt das den Schein, als ob sich die Sonnenstrahlen wenigstens angenähert in einem Punkte vereinigen.

Man nehme zu dem Versuche eine Linse von 3—4 m Brennweite[6]) und fange das Sonnenbild auf einer schwach berußten Glasplatte auf; man kann es dann leicht beobachten und messen, um sich von der Richtigkeit des früher besprochenen Satzes (Durchmesser = $^1/_{100}$ Brennweite) zu überzeugen. (Passende Aufgabe für Schülerübungen.) Man muß einen Zeitpunkt abwarten, wenn die Sonne niedrig am Himmel steht, da sonst die Anstellung des Versuches Schwierigkeiten bereiten würde. Sonst müßte man einen Heliostaten verwenden, und zwar entweder mit an der Vorderfläche versilbertem Spiegel oder noch besser mit schwarzem Glasspiegel; die Spiegel müssen von guter Qualität sein, da sie sonst das Sonnenbild allzusehr verstümmeln[7]).

Ziehen Wolken an der Sonne vorbei, so gewährt das Ganze am Projektionsschirm ein geradezu prächtiges Bild; auch wird kein Anfänger, der diesen Versuch einmal gesehen hat, auf den Gedanken kommen, das Sonnenbild sei ein bloßer Punkt.

Steht die Sonne niedrig, so sieht man auf dem Schirm noch ein Stück der Landschaft; da der Heliostat dann entbehrlich ist, wird man immer ein gutes Bild erhalten.

B. Vergleichung des Hohlspiegels mit der Linse.

Bekanntlich sind die Gleichungen

$$\frac{1}{u} + \frac{1}{u'} = \frac{1}{f}, \quad \frac{v}{u} = \frac{v'}{u'},$$

wo u und u' die Entfernungen, v und v' die Größen des Objektes und des Bildes und f die Brennweite bedeuten, für Hohlspiegel und Linse identisch. Daß sie identisch sein müssen, erkennt der Anfänger sofort aus einer passend ausgeführten Konstruktion. In der Fig. 3 ist links ein Hohlspiegel, c ist sein Krümmungsmittelpunkt, F der Brennpunkt; $a\,b$ sei ein leuchtendes Objekt. Um das Bild zu konstruieren, nimmt man den Strahl III durch c und den Strahl I parallel zur Achse! Den Strahl II, für welchen man den reflektierten Strahl $3'$ leicht findet, wenn man

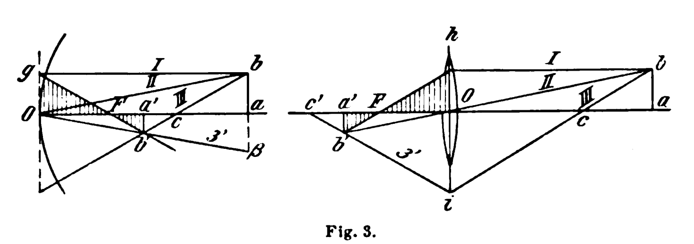


Fig. 3.

[6]) Max Kohl in Chemnitz fertigt plankonvexe Linsen von 4 m Brennweite und 10 cm Durchmesser zum Preise von 27,50 M; so eine Linse gibt einen guten Begriff von den alten Fernrohrobjektiven, wie sie vor Erfindung der achromatischen Linse gebräuchlich waren. Der Durchmesser des Sonnenbildes ist angenähert = 4 cm.

[7]) Kohl fertigt schwarze Glasspiegel (auf beiden Seiten poliert), 23 cm lang, 10,5 cm breit, zum Preise von 33,— M; ein ebenso großes Stück Spiegelglas, hinten geschwärzt, kostet 3,30 M.

$a\beta = ab$ macht (wodurch der Winkel $bOa = \beta Oa$ wird), vernachlässigt man mit Unrecht durchaus in den Lehrbüchern, obwohl mit seiner Hilfe die Gleichung $\frac{v}{u} = \frac{v'}{u'}$ sofort aus der Figur ersichtlich ist[8]), die man sonst nur auf Umwegen zu beweisen pflegt.

Dafür macht man regelmäßig beim Strahl I einen groben Fehler, indem man gewöhnlich den Punkt b recht weit von der Achse nimmt, etwa so, wie es Fig. 4 zeigt, dann für bd als reflektierten Strahl dF annimmt, trotzdem man den Schüler lehrt, daß solche Strahlen wegen der sphärischen Abweichung nicht den Brennpunkt treffen können. Will man den Strahl I dennoch zur Konstruktion benutzen, so muß man bekanntlich an O eine Tangentialebene legen und den Strahl I bis g verlängern und gF als reflektierten Strahl ansehen: nur dann gelten die oben angesetzten zwei Gleichungen. Man sieht aus der Figur, daß der Fehler durchaus nicht klein ist, indem man anstatt des richtigen, durch die Strahlen II und III bestimmten Bildes b' das Bild b'' erhält, wenn man wie gewöhnlich außer I noch den Strahl III verwendet[9]).

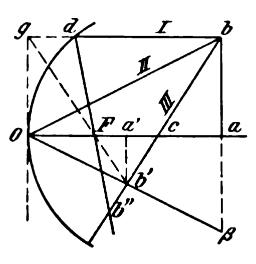


Fig. 4.

Kehren wir nun wieder zu Fig. 3 zurück, wo für die Linse die Konstruktion rechts ausgeführt ist: Oc ist $= Oc' =$ der doppelten Brennweite der Linse; da c' bekanntlich das Bild von c ist, so muß der durch c gehende Strahl III nach der Brechung durch c' hindurchgehen.

Man sieht sofort, daß man von der Linse auf den Hohlspiegel kommt, wenn man den links von hi befindlichen Teil der für die Linse geltenden Figur um hi als Ache um 180° nach rechts dreht.

Man sieht auch weiter, daß dem durch die Linsenmitte O gehenden Strahl II der sonst beim Hohlspiegel vernachlässigte, ebenfalls mit II bezeichnete Strahl entspricht; dem wiederum beim Hohlspiegel bevorzugten, durch den Krümmungsmittelpunkt c gehenden Strahle III entspricht wieder der bei der Linse gänzlich vernachlässigte Strahl III, der durch den Punkt c geht, wo, wie gesagt, $Oc = Oc' =$ der doppelten Brennweite der Linse ist. Übrigens muß man auch bei der Linse die Ordinate ab vielfach vergrößert annehmen (was aber die Lehrbücher verschweigen) und als Grundlage der Konstruktion eine durch die Mitte der Linse gehende Ebene annehmen, die die Stelle der Tangentialebene Og beim Hohlspiegel vertritt.

C. Die Hauptpunkte bei der plankonvexen und symmetrischen Linse.

Es sei in Fig. 5 L eine plankonvexe Linse und O ihr Scheitel. Für jeden einfallenden Strahl gO ist der austretende Strahl hi parallel, indem die Tangentialebene in O mit der ebenen Fläche der Linse parallel ist.

Verlängert man den gebrochenen Strahl hi nach rückwärts, so schneidet er die Ache im Punkte k, wo $Ok = 1/3\, Om$ ist für den Brechungsindex $= 3/2$, unter der Voraussetzung, daß der Winkel der Strahlen mit der Ache klein ist.

Es ist nämlich im Dreiecke Okh

$$Oh : kh = \sin mkh : \sin mOh = \text{Brechungsindex} = \frac{3}{2};$$

8) Es ist nämlich $\Delta Oa'b' \sim Oa\beta$ und $ab = a\beta$.

9) Der Beweis, daß man gF als reflektierten Strahl für I annehmen müsse, ist folgender. Die früher angeführten Formeln gelten nur, wenn b, also auch der Strahl I unendlich nahe zur Achse sind (dann fallen die Punkte d und g zusammen); aber dann wäre die Konstruktion so gut wie unausführbar. Man denke sich daher die Ordinate ab im vergrößerten Maßstabe gezeichnet; in demselben Verhältnisse wird auch $a'b'$ größer: dies führt auf die angegebene Konstruktion.



da nun beide Winkel sehr klein sind, so ist

$$O h = O m,$$
$$k h = k m,$$

woraus

$$O m : k m = 3 : 2$$

folgt. Alle Strahlen also, die vor der Linse auf den Punkt O treffen, gehen nach der Brechung rückwärts verlängert durch den Punkt k (k ist das Bild von O); auch ist der austretende Strahl parallel zum eintretenden; O und k sind die „Hauptpunkte" der Linse; die Dicke der Linse braucht nicht unendlich klein zu sein, damit $O k = \frac{1}{3} O m$ wird.

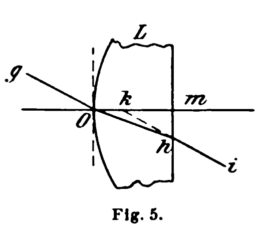


Fig. 5.

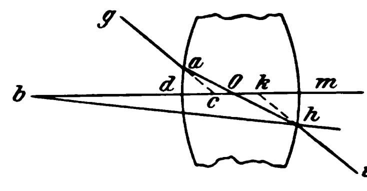


Fig. 6.

Für die symmetrische Linse Fig. 6 nehme man einen Strahl $a h$ durch die Mitte der Linse; dann sind wieder die Tangentialebenen in a und in h parallel, also der austretende Strahl $h i$ parallel zum eintretenden $g a$. Man verlängere den Strahl $h i$ nach rückwärts; wäre $m h$ eine zur Linsenachse senkrechte Gerade, so wäre ebenso wie früher

$$O k = \frac{1}{3} O m$$

(wie in Fig. 5, wo dieselben Buchstaben vorkommen). Nimmt man jedoch $O m$ sehr klein gegen den Halbmesser $m b$ der sphärischen Linsenfläche, so verschwindet der Winkel $m b h$ gegen den Winkel $m O h$, so daß man $m h$ als eine auf $b m$ senkrechte Gerade betrachten kann; somit ist wieder

$$O k = \frac{1}{3} O m$$

$$O c = \frac{1}{3} O d;$$

c und k sind dann die Hauptpunkte der symmetrischen Linse, welche unendlich dünn sein muß, wenn $d c = c k = k m = \frac{1}{3} d m$ sein soll.

Die Gleichungen

$$O k = \frac{1}{3} O m$$

$$O c = \frac{1}{3} O d$$

gelten, wie man sieht, für jede dünne bikonvexe Linse, auch wenn sie nicht symmetrisch ist, nur ist dann nicht $O m = O d$. Den Punkt O (optischen Mittelpunkt) kann man leicht durch eine Konstruktion finden, die sich in dem bekannten Lehrbuch von Wallentin befindet.

Die Bestimmung des magnetischen Momentes eines Magneten und der Horizontalintensität des Erdmagnetismus.

Von

A. H. Borgesius in Haag.

1. Es sind in den letzten Jahren viele Versuche gemacht, eine für den Schulunterricht geeignete Methode zu finden für die Bestimmung der Horizontalintensität des Erdmagnetismus H und des magnetischen Moments M eines Magneten. Eine Übersicht der früheren Literatur über diesen Gegenstand gab Herr Grimsehl[1]), der gleich-

[1]) Diese Zeitschr. **16**; 334 (1903).

zeitig wieder einen neuen Apparat beschrieb. Später gaben noch Kuhfahl[2]), Ruoss[3]), der zugleich eine Übersicht der verschiedenen Methoden gab, Russner[4]), Noack[5]), Fr. C. G. Müller[6]) Meßmethoden und Apparate an.

Im allgemeinen trachtet man, die Gaussschen Schwingungsbeobachtungen zur Messung von $M \times H$ zu umgehen, da diese schwierig zu verstehen und auszuführen sind. An die Stelle dieser dynamischen Methode wird eine statische gesetzt; wobei mit „Polwage", „Polpendel" oder „Dynmesser" entweder MH oder auch die Polstärke m einer Nadel gemessen wird. Letztere Methode scheint die einfachste, sie stützt sich auf das Coulombsche Gesetz und soll zugleich auch noch nebenbei die Gültigkeit dieses Gesetzes beweisen. Wie aus den Angaben von Grimsehl und Ruoss selbst, die diese Meßmethode bevorzugten und ausarbeiteten und aus den Resultaten Haffners[7]), der das Russnersche Polpendel einer genauen Untersuchung unterwarf, folgt, stößt man aber bei der Ausführung dieses Verfahrens auf allerhand Schwierigkeiten. Die Fehler und die scheinbaren Abweichungen vom Coulombschen Gesetze sind so groß und augenfällig (wenn man nicht sich zwischen engen vorher zu bestimmenden Polabständen beschränkt), daß sowohl technisch wie didaktisch diese Methode nicht empfehlenswert und die von Fr. C G. Müller gegen sie geführte Kritik berechtigt scheint[8]). Auch aus einer späteren Untersuchung von Ruoss[9]) geht dies hervor; hier wird gezeigt, daß selbst zwischen den bestimmten Grenzen, wo das Coulombsche Gesetz gültig scheint, doch noch statt der wirklichen Polstärke der benutzten Nadel eine „äquivalente Polstärke" von etwa $^4/_5$ des Betrages eingesetzt werden muß. Von absoluten Messungen kommt so, wenn nicht allerlei schwer begreifliche und mühsame Korrektionsrechnungen ausgeführt werden, nicht viel mehr heraus.

Die Messung von $M \times H$ mit Polwage oder Pendel dagegen scheint zwar etwas schwieriger wegen der Kleinheit der auftretenden Kräfte, ist aber bei guter Ausführung der Apparate sehr wohl möglich. Die Theorie der Instrumente ist höchst einfach, und Korrektionen sind nicht anzubringen. Auch der nahe Anschluß an geradezu klassische Methoden ist ein nicht gering zu schätzender Vorzug dieses Weges.

Bei allen oben genannten Apparaten wird aus Ablenkungsversuchen mit einer Bussole weiter der Quotient M/H gefunden; ausgenommen bei Russner, der auch hier m/H bestimmt, sich stützend auf das Coulombsche Gesetz.

Die große Wichtigkeit der zu bestimmenden Größen veranlaßte mich, noch einen Versuch zu wagen, eine wirklich einfache und elementare Lösung der Aufgabe zu finden, welche sich zugleich so nahe wie möglich der Gaussschen Methode anschließt. Mit der im folgenden beschriebenen Anordnung, größtenteils aus in vielen Sammlungen schon vorhandenen Apparaten zusammengestellt, erhielt ich schließlich sehr befriedigende Resultate und wage es deshalb, hier nach so vielen zum Teil originellen und auch brauchbaren Lösungen anderer noch die meinige zu veröffentlichen.

2. Zur Messung von $M \times H$ konstruierte ich eine Polwage nach Art des schon von Kuhfahl beschriebenen, von Töpler herrührenden Apparates.

Zwei große magnetisierte Stricknadeln (ca. 45 cm lang) sind in geringem Abstande von einander an einer feinen, senkrecht zu ihrer Ebene stehenden Stahlachse befestigt[10]). Die horizontale Achse lagert mit feinen Spitzen in Achatsteinen und

[2]) Diese Zeitschr. **17**; 1 (1904). — [3]) Diese Zeitschr. **19**; 89 (1906). — [4]) Diese Zeitschr. **20**; 172 (1907). — [5]) Noack, Schülerübungen, S. 103. — [6]) Fr. C. G. Müller, Technik des physik. Unterr., S. 218. — [7]) Diese Zeitschr. **21**; 383 (1908). — [8]) Diese Zeitschr. **20**; 371 (1907). — [9]) Diese Zeitschr. **21**; 304 (1908).

[10]) Achse für Drehspulvoltmeter.

wird von einer an ein Holzstativ geschraubten Messinggabel getragen (Fig. 1). Senkrecht zu den Magnetnadeln *cc* (Fig. 2) steht einerseits ein 10 cm langes leichtes Zentimetermaß aus Holz *a*, andererseits eine Regulierschraube *b*, mit welcher das Nadelpaar, während die Drehungsachse in die magnetische Meridianebene gestellt ist, genau vertikal zu stellen ist. Der am unteren Ende des Nadelpaares befestigte Zeiger muß dann über einer an der Fußplatte befindlichen Schneide einspielen[11]). In dieser Stellung hat die Horizontalkomponente des Erdmagnetismus keinen Einfluß, die Nadel stellt sich vertikal unter der Einwirkung der Vertikalkomponente und der Schwere. Wird jetzt das

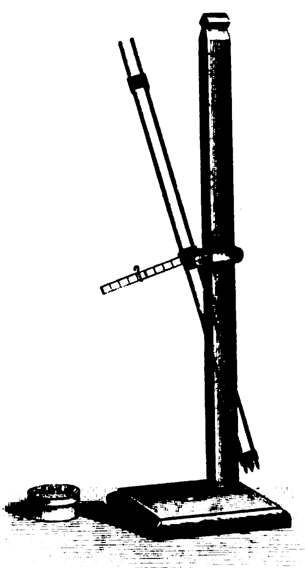


Fig. 1.

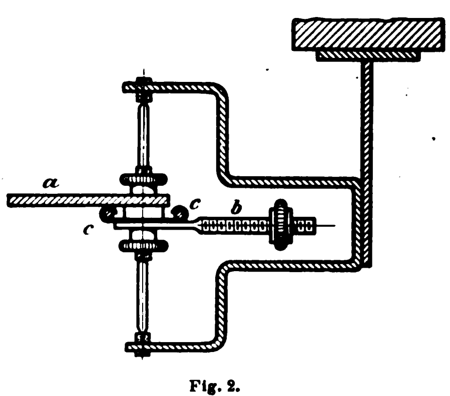


Fig. 2.

auf einem horizontalen Tische stehende Stativ um 90° gedreht (um dies auszuführen, ist der Meridian durch einen Kreidestrich angegeben), so schlägt die Nadel durch das Kräftepaar der Horizontalkomponente 10° bis 20° aus. Ein kleines Reitergewicht von $p = 100$ dyn (102 mg), auf das Zentimetermaß gelegt, kann nun hierauf verschoben werden, bis wieder die Vertikalstellung erreicht ist. Ist der Abstand des Reiters von der Drehungsachse dann d cm, so ist das Moment der Horizontalkomponente MH im Gleichgewicht mit dem Drehungsmoment der Schwerkraft auf dem Reitergewicht, also

$$MH = p\,d\ ^{12)}.$$

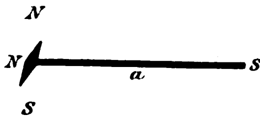


Fig. 3.

3. Zur Bestimmung von M/H wird jetzt (durch Auseinanderbiegen der etwas federnden Gabel) die Nadel vom Stativ gelöst, um zu den Ablenkungsversuchen zu dienen.

Es gibt drei verschiedene Lagen, in die eine solche lange Nadel zu diesen Messungen gelegt werden kann (abgesehen von der Russnerschen Methode, wobei statt kurzer eine gleichlange Bussolennadel verwendet wird):

a) Die geneigte Lage, mit einem Pol vertikal über der Achse der Bussole, während der andere Pol sich in deren Horizontalebene östlich oder westlich befindet[13]). Dann ist, wenn l die Länge des ablenkenden

[11]) Ich versuchte auch magnetisiertes Federstahlband statt der Nadeln, erhielt aber hiermit kein genügendes Moment wegen zu geringer Dicke des Stahles.

[12]) Man kann natürlich auch bei O—W-Lage der Drehungsachse, während das Holzstäbchen nach S zeigt, mit der Schraube vertikal stellen und dann 180° drehen und wird das doppelte Drehungsmoment bekommen, also $2MH = pd$. (Siehe Kuhfahl, a. a. O.) Die Genauigkeit wird so verdoppelt, der Versuch aber weniger durchsichtig.

[13]) Vgl. z. B. Ruoss, a. a. O.

Magnetstabs, a seine Horizontalprojektion (Fig. 3), wie leicht abzuleiten: $M/H = a^2 l \operatorname{tg} \alpha$, wenn α die Ablenkung der Bussolennadel.

Diese Methode hat den Vorteil größter Einfachheit, lieferte mir aber immer die schlechtesten Resultate. Kleine Fehler in der Bestimmung der Pollage, also in a und l, unsymmetrische Magnetisierung der langen Nadel geben große Fehler im Resultate. Ich erhielt z. B. durch letztere Ursache $\alpha = 20^1/_2{}^0$, nach Umlegung des Magnets $\alpha = 32^0$. Die Resultate stimmten sehr schlecht mit denjenigen anderer Messungen.

b) Die erste Hauptlage nach Gauss (Magnet O oder W von der Bussole [Fig. 4]). Ist a der Abstand der Mitte des Magnets von der Bussole, so wird jetzt:

$$M/H = \frac{(a^2 - {}^1/_4 l^2)^2}{2a} \operatorname{tg} \alpha .$$

Sowohl Formel wie Berechnung werden komplizierter. Die Asymmetrie der Magnetisierung hat auch hier, wie leicht einzusehen, großen Einfluß. So fand ich z. B. bei $a = 55$ cm $\alpha = 27^0$, nach Umlegung des Magnets $\alpha = 30^1/_2{}^0$. Diese Lage, welche bei kurzem Magnet die geeignetste ist, weil sie den größten Ausschlag gibt, ist bei langer Magnetnadel nicht so gut.

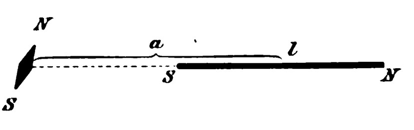


Fig. 4.

c) Die zweite Hauptlage nach Gauss (Magnet N oder S von der Bussole). Dies ist bei weitem hier die beste Lage; die Berechnung wird leicht und übersichtlich, Asymmetrie und ungenaue Kenntnis des Polabstandes haben nur geringen Einfluß auf das Resultat, wenn der Abstand a nicht zu klein ist. Ich führe die Berechnung wie folgt:

Die Pole mm des ablenkenden Magnets üben auf einen Pol m' in A (Fig. 5), im Mittelpunkt der Bussole, Kräfte $K = \frac{mm'}{c^2}$ aus, deren Resultante P parallel der Achse des Magnets ml verläuft. Aus der Figur folgt

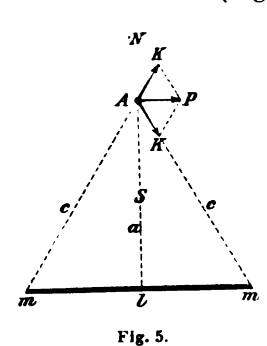


Fig. 5.

$$P : K = l : c$$

$$P = \frac{Kl}{c} = \frac{mm'l}{c^3} = \frac{Mm'}{c^3}.$$

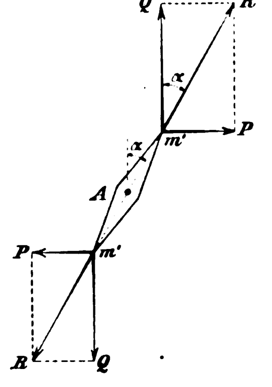


Fig. 6.

Das Feld in der Nähe von A kann bis an die Pole der kurzen Bussolennadel als homogen betrachtet werden (wie aus der bekannten Kraftlinienfigur zu sehen ist); oder wenigstens das Mittel der auf N- und S-Pol dieser Nadel ausgeübten Kräfte ist sehr nahe gleich der in A auf einen gleich starken Pol wirkenden Kraft. P kann also als die auf die Pole $m'm'$ der kleinen Nadel ausgeübte Kraft eingeführt werden.

Der Erdmagnetismus übt auf diese Pole eine senkrecht zu P gerichtete Kraft $Q = Hm'$ aus (Fig. 6). Die Nadel stellt sich so, daß die Resultante R von P und Q längs ihrer Achse fällt, oder

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{P}{Q} = \frac{Mm'/c^3}{Hm'} = \frac{M}{c^3 H},$$

woraus

$$M/H = c^3 \operatorname{tg} \alpha .$$

Die Endformel wird also sehr einfach; die Ableitung hat noch den Vorzug, daß sie analog der später bei der Tangentenbussole befolgten verläuft.

Streng genommen ist es natürlich unrichtig, in Fig. 5 für die Punkte *mm* die mathematischen Pole des Magnets zu nehmen, da c nicht senkrecht zur Achse der Nadel steht. Wegen der großen Länge der dünnen Nadeln aber, wodurch der apparente Magnetismus nur auf eine Strecke von ein paar Zentimeter Länge verteilt ist, hat bei Werten von a zwischen 25 und 40 cm (wie aus den später mitgeteilten Resultaten folgt) diese Ungenauigkeit keinen merklichen Einfluß. Ein Vorteil ist noch, daß in der Endformel nur c und nicht mehr l vorkommt. Ein kleiner Fehler in der Bestimmung von l ist daher (bei nicht zu kleinem Abstande a) unwichtig, da er c nur wenig beeinflußt[14]). Die gute Übereinstimmung der Ablenkungen nach beiden Seiten, der Werte von H und M bei sehr verschiedenem a, spricht für die relative Genauigkeit der Messungen.

Die Berechnung ist ganz elementar, ohne Vernachlässigungen und Näherungen; ausgenommen die nicht zu umgehende Einsetzung des für die Mitte der Bussolennadel gefundenen Wertes der Kraft P auch für deren Pole.

4. Zur Ausführung des Ablenkungsversuchs nach c) verwende ich das Schulgalvanometer und Magnetometer von Hartmann & Braun mit der dazu passenden Meßbrücke mit Zentimeter- und Millimeterteilung (Fig. 7). Die Ablenkung der

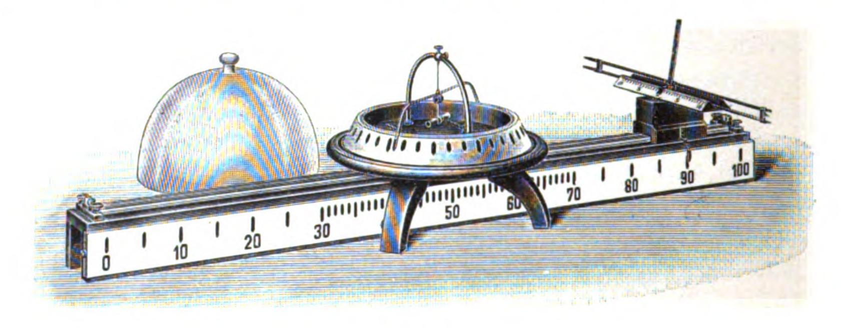


Fig. 7.

Bussolennadel ist bei diesem Instrumente ohne Spiegelablesung weithin sichtbar. Der für die zum Apparate gehörenden kurzen Magnetstäbe in der ersten Hauptlage bestimmte Träger ist durch eine kleine Umänderung für die Aufnahme des langen Nadelpaares in der zweiten Hauptlage geeignet gemacht. Der Abstand a ist an der Zentimeter- und Millimeterskala genau ablesbar.

Die Lage der Pole des langen Magnets wird bestimmt mittels einer durch einen Kork gesteckten kurzen vertikalen Nadel, welche auf Wasser schwimmt[15]). Der Polabstand war ca. 42 cm.

Es werden immer 4 Ablesungen gemacht, zwei bei nördlicher, zwei bei südlicher Lage des Magnets, mit Umlegung. Jede Spitze des Zeigers wird zweimal abgelesen. Asymmetrie des Magnetismus, ungenaue Zentrierung der Nadel im Teilkreise und auf der cm-Teilung werden so eliminiert.

---

[14]) Ein Fehler von 2 cm z. B. in l würde bei $a = 40$ cm nur etwa 3% Fehler in c^3 geben.

[15]) Vgl. Kuhfahl, a. a. O.

Ein Versuch ist z. B. folgender:

$l = 42$ cm; $a = 40$ cm. $\alpha = \begin{cases} 22-21 \\ 20-20 \end{cases}$, Mittel $= 20^3/_4{}^0$

$a^2 = 1600$
$(^1/_2 l)^2 = 441$
$c^2 = 2041$

$\log c^2 = 3{,}3098$
$\text{-} \quad c = 1{,}6549$
$\text{-} \quad c^3 = 4{,}9647$
$\text{-} \quad \text{tg}\,\alpha = 9{,}5785$
$\log M/H = 4{,}5432$

Mit dem Pendel gefunden:
$p = 100$ dyn
$d = 9{,}0$ cm
$MH = 900$
$\log MH = 2{,}9542$

$\log M^2 = 7{,}4974$ | $\log H^2 = 0{,}4110^{-2}$
$\text{-} \quad M = 3{,}7487$ | $\text{-} \quad H = 0{,}2055^{-1}$
$M = \mathbf{5606}$ | $H = \mathbf{0{,}161}$

An derselben Stelle lieferte:

a	α	M	H
$a = 30$ cm;	$\alpha = 35^1/_4{}^0$;	$M = 5589$;	$H = 0{,}161$
28 -	39°	5591	0,161
25 -	45°	5596	0,161

Im Mittel also: $M = \mathbf{5600}$; $H = \mathbf{0{,}161}$.

Die Übereinstimmung der Resultate ist vorzüglich. Eine spätere Bestimmung mit Tangentenbussole und Amperemeter lieferte hier $H = 0{,}165$[16]).

Zusammenstellung von Versuchen über Fluorescenz und Phosphorescenz[1]).

Von

C. Sternstein, Mittelschullehrer in Magdeburg.

A. Fluorescenz.

I. Verhalten fluorescierender Körper im weißen Lichte.

Versuch 1. Man löse 5 g Chininsulfat in 0,5 l Wasser, dem etwas Schwefelsäure zugesetzt wurde, gieße die Flüssigkeit in ein Becherglas und lasse zerstreutes Tageslicht oder besser direktes Sonnenlicht darauf einwirken. Die im durchgehenden Lichte farblose Lösung zeigt im auffallenden oder reflektierten Lichte einen hellblauen Schimmer, der noch deutlicher wahrnehmbar wird, wenn man die Sonnenstrahlen zuvor durch eine konvexe Linse sammelt und den erhaltenen Lichtkegel von oben her in die Flüssigkeit tauchen läßt. (*M.-P.*)

---

[16]) Die Polwage wird, in etwas anderer Ausführung, als Teil ihres „Universalstativs" angefertigt von der Ned. Instr. Fabr. in Utrecht.

[1]) Benutzte Literatur:

Dr. J. Frick, Physikalische Technik, herausgeg. von Dr. O. Lehmann. (*F.-L.*)
Dr. Seb. Killermann, Leuchtende Tiere und Pflanzen. (*S. K.*)
*O. Knoblauch, Über die Fluorescenz von Lösungen. Ann. d. Phys. u. Chemie, Bd. 54.
Müller-Pouillet, Lehrbuch der Physik, herausgeg. von Dr. L. Pfaundler. (*M.-P.*)
Dr. F. Poske, Zeitschrift für den phys. u. chem. Unterricht, Jahrg. 9—15, 17, 20. (*P.*)
*Dr. G. C. Schmidt, Beiträge zur Kenntnis der Fluorescenz.
Schreber und Springmann, Experimentierende Physik. (*S. u. S.*)
*E. Wiedemann, Über Fluorescenz u. Phosphorescenz. Ann. der Phys. u. Chemie, Bd. 34.
*E. Wiedemann u. G. C. Schmidt, Über Lumineseenz. Ann. der Phys. u. Chemie, Bd. 54 u. 56.

Anmerkung. Auf Wunsch der Redaktion habe ich nachträglich noch bei einzelnen Versuchen, soweit es mir möglich war, die Quelle angegeben.

Versuch 2. Untersucht man in derselben Weise Petroleum, das je nach seiner Reinheit im durchgehenden Lichte farblos oder schwach gelblich erscheint, so beobachtet man während der Dauer der Beleuchtung einen violettblauen Schimmer, wenn man von vorn, von oben oder von der Seite her gegen die Flüssigkeit blickt.

Versuch 3. Aus einigen Stücken Roßkastanienrinde ziehe man das Äskulin durch Kochen mit destilliertem Wasser aus und prüfe die schwach gelbliche Flüssigkeit, wie vorher beschrieben wurde. Sie strahlt ein ebenfalls bläuliches Licht aus. (*M.-P.*)

Versuch 4. Man übergieße Gelbholzspäne mit etwa 80—90 proz. Alkohol, filtriere die gewonnene gelbliche bis gelbbraune Lösung des Farbstoffes Morin und füge einige Tropfen einer Alaunlösung hinzu. Sie zeigt, im auffallenden Lichte betrachtet, eine prachtvolle grüne Farbe, die selbst dann noch deutlich wahrnehmbar wird, wenn die Morinlösung nur eine Spur von Alaun oder von einem anderen Tonerdesalz enthält. (*M.-P.*)

Versuch 5. In stark verdünnter Natronlauge löse man eine geringe Menge Fluoreszein und gieße, wenn die Flüssigkeit eine rötliche Farbe zeigen sollte, so viel Wasser hinzu, daß sie gelblich erscheint. Unter der Einwirkung der Sonnenstrahlen leuchtet sie in intensiv gelbgrünem Lichte. Die Erscheinung ist selbst noch bei stark verdünnter Lösung (1 : 20000000) nachweisbar. (*S. u. S.*)

Versuch 6. Aus grünen Pflanzenteilen ziehe man das Chlorophyll mit Äthyläther aus, filtriere die nach etwa einer Stunde gewonnene Lösung und gieße sie vorsichtig in ein zur Hälfte mit Eosinlösung gefülltes Probierglas. Nun setze man die beiden sich nicht mischenden Flüssigkeiten der Einwirkung der Sonnenstrahlen aus. Während die Eosinlösung im durchgehenden Lichte hellrot, der Chlorophyllauszug dagegen grün gefärbt ist, erscheint im reflektierten Lichte erstere grün und letzterer blutrot.

Versuch 7. Man prüfe Curcumatinktur in der nach Versuch 1 angegebenen Weise oder ändere zur objektiven Darstellung der beiden auftretenden Farben den Versuch folgendermaßen ab. Zwischen zwei quadratische Spiegelglasplatten von etwa 30 cm Seitenlänge lege man nahe dem Rande an drei Seiten entlang einen starkwandigen Gummischlauch von etwa 15—20 mm Durchmesser und presse die beiden Glasscheiben durch einige kräftige Quetschhähne fest zusammen. Das so erhaltene Gefäß stelle man senkrecht mit Hilfe zweier Bunsengestelle so auf, daß die offen gebliebene Seite nach oben zu liegen kommt. Jetzt fülle man den Behälter mit Curcumatinktur und lasse das Lichtbündel eines Projektionsapparates, dessen Strahlen durch entsprechende Verschiebung des Kondensors parallel gemacht wurden, so auf die vordere Spiegelglasplatte des Gefäßes fallen, daß das Strahlenbündel etwa unter einem Winkel von 45° auftrifft. Hinter dem Behälter stelle man einen weißen Schirm parallel zu den Glasscheiben auf. Blickt man nun etwa in der Richtung des Einfallslotes gegen Schirm und Glasgefäß, so beobachtet man auf jenem die gelbe Eigenfarbe der Flüssigkeit, während diese selbst in grünem Lichte erstrahlt. (*P.*; *M.-P.*)

Versuch 8. Verwendet man zur Füllung des Behälters Lackmustinktur, so erscheint auf dem Schirme die blaue Farbe derselben. Sie selbst leuchtet im orangefarbenen Lichte. (*M.-P.*)

Versuch 9. Man lasse den durch eine Konvexlinse erhaltenen Lichtkegel in eine Platte aus Uranglas oder in einen Uranglaswürfel eindringen. Das gelblichgrüne Glas leuchtet in hellgrünem Lichte auf. (*M.-P.*; *F.-L.*)

Versuch 10. Man untersuche in gleicher Weise Kristalle von Flußspat, besonders dessen violett oder grün gefärbte Varietäten von Cumberland und Derbyshire. Der Lichtkegel erzeugt in ihnen eine prachtvoll blaue Farbe. (*M.-P.*)

Ergebnis. Die angeführten Versuche ergeben zunächst, daß verschiedene Substanzen im auffallenden Lichte in anderer Farbe erscheinen als im durchgehenden. Sie verhalten sich während der Dauer ihrer Beleuchtung wie selbstleuchtende Körper.



Weil diese Erscheinung besonders deutlich am Flußspat oder Fluorit zu beobachten war, schlug der englische Physiker Stokes vor, sie mit dem Namen Fluorescenz zu bezeichnen. Zum Unterschiede von der Eigenfarbe der Körper nennt man die während der Beleuchtung im reflektierten Lichte wahrnehmbare Farbe die Fluorescenzfarbe.

II. Verhalten fluorescierender Körper im farbigen Lichte.

Versuch 11. Man erzeuge mittels eines durch eine Linse konvergent gemachten Sonnenstrahlenbündels das grüne Fluorescenzlicht der nach Versuch 5 bereiteten Fluoresceinnatronlösung und bringe zwischen Linse und Flüssigkeit ein tiefblaues Kobaltglas, so daß nur blaue Lichtstrahlen die letztere erreichen können. Der grüne Lichtkegel erscheint auch jetzt und zwar in fast unveränderter Stärke. Hält man aber das Kobaltglas zwischen Flüssigkeit und Auge, so ist jede Spur des Fluorescenzlichtes verschwunden, ein Beweis dafür, daß keine blauen Lichtstrahlen im vorliegenden Falle in ihm enthalten sein können. Die fluorescierende Flüssigkeit hat also die Farbe der auffallenden Lichtstrahlen verändert.

Versuch 12. Benutzt man statt der Fluoresceinnatronlösung einen Uranglaswürfel, so führt der Versuch zu demselben Resultate. (*M.-P.*)

Versuch 13. Man untersuche nach dem angegebenen Verfahren Curcumatinktur und verwende als Lichtfilter ein rotes Glas. Dringen die Lichtstrahlen vor ihrem Eintritt in die Flüssigkeit durch dieses Filter, so bleibt das grüne Fluorescenzlicht aus. Es kann also nur durch andere als rote Strahlen hervorgerufen worden sein. Daß es aber diese selbst enthalten muß, wird sofort wahrnehmbar, wenn man die fluorescierende Tinktur durch das rote Glas betrachtet. (*M.-P.*)

Versuch 14. Man stelle vor den Kondensor eines Projektionsapparates ein in Versuch 7 beschriebenes Glasgefäß mit planparallelen Wänden und fülle es mit einer Lösung von schwefelsaurem Kupferoxydammoniak, die man durch Zusatz von konzentriertem Ammoniumhydroxyd zu einer konzentrierten Lösung von Kupfersulfat erhält. In den Weg der nun blauen Lichtstrahlen bringe man ein zweites Gefäß mit Curcumatinktur und beobachte deren Fluorescenzlicht. Dann betrachte man dieses durch die blaue Lösung und stelle fest, daß ihm die blauen Strahlen fehlen. (*P.; M.-P.*)

Versuch 15. Man untersuche in derselben Weise mit dem eben benutzten Lichtfilter den nach Versuch 6 gewonnenen Chlorophyllauszug, beobachte dabei aber die Vorsicht, die offene Seite des zweiten Glasgefäßes wegen der leichten Entzündlichkeit des sich entwickelnden Ätherdampfes durch ein Stück Gummischlauch zu verschließen. Die blauen Strahlen erregen wohl das Chlorophyll zur Fluorescenz, sie lassen sich aber in dem Fluorescenzlichte selbst nicht nachweisen. (*P.; M.-P.*)

Versuch 16. Man verwende als fluorescierende Flüssigkeit eine Lösung von Chininsulfat und benutze nacheinander als Filter eine Lösung von Kaliumdichromat und eine solche von Kupferchlorid. Dabei ergibt sich, daß die blaue Fluorescenzfarbe der Chininsulfatlösung nicht durch rote, orangefarbene oder gelbe bzw. grüne Strahlen hervorgerufen wird, daß aber diese Strahlen in dem Fluorescenzlichte enthalten sind.

Versuch 17. Mit Hilfe der benutzten Lichtfilter untersuche man gewöhnliche farbige, nicht fluorescierende Körper und stelle fest, daß es bei ihnen gleich ist, ob sie durch ein farbiges Mittel hindurch beleuchtet werden, oder ob man sie durch dasselbe Mittel hindurch betrachtet. Jeder einzelne der untersuchten Körper erscheint in beiden Fällen gleichfarbig oder dunkel, je nachdem er die auffallenden farbigen Strahlen reflektiert bzw. hindurchläßt oder nicht.

Ergebnis. Die Versuche 11—17 lassen den Unterschied erkennen, der zwischen den Farben der gewöhnlichen Körper und denen der fluorescierenden besteht. Erstere sind dadurch hervorgerufen worden, daß der Körper bestimmte auffallende Strahlen



unverändert reflektiert oder hindurchläßt. Das Fluorescenzlicht aber verdankt seine Entstehung andersfarbigen Strahlen, deren Umwandlung durch die fluorescierende Substanz bewirkt worden ist.

III. Zusammenhang zwischen Absorption und Fluorescenz.

Versuch 18. Auf die Oberfläche der nach Versuch 4 bereiteten Morinlösung werfe man mittels einer Linse ein Sonnenstrahlenbündel und lasse den Brennpunkt des Lichtkegels verschieden tief in die Flüssigkeit eintauchen. Das grüne Fluorescenzlicht zeigt sich stets nur da, wo die Oberfläche der Flüssigkeit den Lichtkegel durchschneidet. Die Umwandlung der die Fluorescenz erregenden Strahlen findet also in diesem Falle schon beim Eintritt in die Flüssigkeit statt. (*M.-P.*)

Versuch 19. Man wiederhole den Versuch mit einer Chininsulfatlösung. Der blaue Lichtkegel des Fluorescenzlichtes wird schwächer, je weiter die Lichtstrahlen in die Flüssigkeit dringen. Die wirksamen Strahlen müssen also beim Durchgange durch die Flüssigkeit mehr und mehr verbraucht worden sein.

Versuch 20. Man mache die Lichtstrahlen eines Projektionsapparates parallel und bringe in ihren Weg einen Schirm mit einer verstellbaren Spaltvorrichtung, durch welche nur ein schmales Lichtbündel hindurchgelassen wird. Dieses lasse man durch eine Flasche mit Petroleum dringen und stelle dahinter eine zweite Flasche mit der gleichen Flüssigkeit auf. Während die Bahn des Lichtbündels sich in der ersten Flasche durch die auftretende blaue Fluorescenzfarbe scharf abzeichnet, ist in der zweiten Flasche keine Spur des Fluorescenzlichtes zu erkennen. Demnach müssen die Strahlen, welche die blaue Umfärbung des Petroleums hervorbringen, schon in der ersten Flasche verbraucht oder absorbiert worden sein.

Versuch 21. Mit Hilfe eines senkrechten Spaltes erzeuge man wie vorhin ein schmales Bündel paralleler Strahlen, mache es durch eine Konvexlinse schwach konvergent und zerlege es durch ein dreiseitiges Glasprisma, dessen brechende Kante dem Spalte parallel ist. Das hierdurch gewonnene Spektrum lasse man auf die Vorderfläche eines nach Versuch 7 hergestellten, mit Chininsulfatlösung gefüllten Glasgefäßes fallen. Um die in der Flüssigkeit hervortretende Erscheinung und ihre Abhängigkeit von den einzelnen Spektralfarben besser verfolgen zu können, befestige man an der Glaswand einen weißen Papierstreifen so, daß ein schmaler Teil vom unteren Rande des Spektrums auf ihm zu liegen kommt, während der übrige Teil in die Flüssigkeit eindringt. Blickt man nun von oben her in diese, so beobachtet man, daß die roten, orangefarbenen, gelben, grünen und blauen Strahlen ungehindert durch die Lösung dringen. Erst im Violett beginnt das blaue Fluorescenzlicht, das zunächst die Flüssigkeit in ihrer ganzen Dicke durchsetzt. Nach dem Ende des auf dem Papierstreifen sichtbaren Spektrums hin nimmt die Tiefe, bis zu welcher der Fluorescenzschimmer in die Lösung eindringt, sehr rasch ab, so daß sie hier nur noch einige Millimeter beträgt. Das Aufleuchten der Lösung hört aber hier nicht auf, sondern setzt sich noch weit über die violette Grenze des sichtbaren Spektrums hinaus fort. Doch fluoresciert hier nur eine sehr dünne, dicht an der Glaswand gelegene Flüssigkeitsschicht. Die durch die Lösung gegangenen Spektralfarben fange man auf einem dahintergestellten weißen Schirme auf. Es zeigt sich, daß, je nach dem Konzentrationsgrade der Flüssigkeit, ein mehr oder weniger großer Teil vom violetten Ende des Spektrums fehlt. Die Strahlen dieses Gebietes sind also zur Erregung des Fluorescenzlichtes verbraucht worden. Der Versuch läßt zugleich erkennen, daß auch noch jenseits vom violetten Ende des Spektrums Strahlen vorhanden sein müssen, die zwar nicht auf unser Auge einwirken, sich aber durch ihre fluorescenzerregende Wirkung verraten. (*Nach M.-P.*)

Versuch 22. Man untersuche in derselben Weise den ätherischen Chlorophyllauszug und stelle fest, daß diese Flüssigkeit in denjenigen Spektralgebieten am leb-



haftesten fluoresciert, in welchen auf dem weißen Schirme die dunkelsten Absorptionsstreifen erscheinen.

Ergebnis. Ließen schon die Versuche 11—17 eine Abhängigkeit des Fluorescenzlichtes von gewissen auffallenden farbigen Strahlen erkennen, so geht diese Beziehung aus der dritten Versuchsreihe noch deutlicher hervor. Es zeigte sich, daß das Aufleuchten eines fluorescenzfähigen Körpers gerade durch diejenigen Strahlen hervorgerufen wird, welche von ihm absorbiert werden. Die Spektralversuche lassen eine direkt proportionale Beziehung zwischen der Absorption und Fluorescenz vermuten, da jedem Maximum der ersteren auch ein Maximum der letzteren entspricht.

IV. Beziehungen zwischen den Wellenlängen des erregenden und des Fluorescenzlichtes.

Versuch 23. Durch eine etwa 20 qcm große Öffnung im Laden eines sonst vollkommen verdunkelten Zimmers lasse man, am besten unter Zuhilfenahme eines Spiegels oder eines Heliostaten, ein Bündel Sonnenstrahlen eintreten. Dann verdecke man die Öffnung durch ein tiefblaues Kobaltglas und bringe in das nun blaue Strahlenbündel einen Uranglaswürfel, der sofort lebhaft grün fluoresciert. Man entferne das blaue Glas und stelle in den Strahlenweg ein Glasgefäß mit Kupferchlorid- oder Kaliumdichromatlösung, welche, wie sich mit Hilfe eines Spektroskopes feststellen läßt, nur grüne bzw. noch weniger brechbare Strahlen hindurchlassen. Jetzt bleibt das grüne Fluorescenzlicht aus. Es wird also nur durch solche Strahlen erregt, die eine geringere Wellenlänge oder eine größere Brechbarkeit besitzen als diejenigen, die es selbst enthält. (*M.-P.*)

Versuch 24. Man lasse das blaue Strahlenbündel auf einen mit Baryumplatincyanür bestrichenen Schirm fallen und ersetzte dann das blaue Glas durch ein rotes. Im ersten Falle fluoresciert die vom Lichte getroffene Stelle des Schirmes im grünlichen Farbentone, im zweiten nicht. Wieder sind also brechbarere als die im Fluorescenzlichte vorhandenen Strahlen die Ursache des Aufleuchtens.

Versuch 25. Man verschließe die Öffnung des Fensterladens durch eine Metallplatte mit verstellbarem Spalte und erzeuge nach Versuch 21 mittels eines Prismas ein Sonnenspektrum auf der Vorderfläche des mit Morinlösung gefüllten Glasgefäßes. Um das Spektrum vollkommen rein zu erhalten, ist es notwendig, daß ein scharfes Bild des Spaltes auf das Prisma fällt. Man erreicht dies mit Hilfe einer bikonvexen Linse, die man in geeigneter Entfernung vom Prisma zwischen diesem und dem Spalte aufstellt. Der untere Rand des Spektrums werde wie in Versuch 21 auf einem an die Glaswand geklebten Papierstreifen aufgefangen. Das Fluorescenzlicht beginnt etwa in der Nähe der deutlich sichtbaren Fraunhoferschen Linie *F* und setzt sich noch ein beträchtliches Stück über das violette Ende des auf dem Papierstreifen sichtbaren Spektrums hinaus fort. Seine Verlängerung bestätigt, was schon der Versuch 21 ergab, nämlich das Vorhandensein von Strahlen größerer Brechbarkeit, als sie im gewöhnlichen Spektrum enthalten sind. Man hat sie als ultraviolette bezeichnet. In der überall intensiv grünen Farbe des Fluorescenzlichtes treten die dunklen Fraunhoferschen Linien, auch im Gebiete der ultravioletten Strahlen, mit großer Schärfe hervor. Eine Vergleichung der auffallenden Strahlen mit den von der Morinlösung ausgesendeten läßt erkennen, daß die Umwandlung mit einer Erniedrigung der Brechbarkeit verbunden ist. (*M.-P.*)

Versuch 26. Man wiederhole denselben Versuch mit Benutzung einer Chininsulfatlösung und bestätige zunächst das eben gefundene Resultat. Die Flüssigkeit fluoresciert in hellblauem Lichte, das zwischen den dunklen Linien *G* und *H* beginnt und ebenfalls weit in das ultraviolette Spektralgebiet hineinreicht. Dann ersetze man Prisma, Linse und Glasgefäß durch gleiche Apparate aus Jenaer Uviolglas oder Quarz. Prisma und Linse müssen, wenn sie aus Quarz bestehen, so geschliffen sein,



daß die Lichtstrahlen sie in der Richtung der optischen Achse durchlaufen. Es zeigt sich eine Zunahme der Intensität des blauen Fluorescenzlichtes und eine bedeutende Verlängerung desselben im ultravioletten Spektralgebiet, in welchem, namentlich bei Verwendung von Quarzapparaten, die dunklen Linien K bis R deutlich sichtbar sind. Beide Erscheinungen lassen erkennen, daß gerade die stark fluorescierend wirkenden Strahlen höherer Brechbarkeit von Glasapparaten mehr oder weniger absorbiert werden. (*M.-P.*)

Versuch 27. Man fange nacheinander die mit Hilfe von Spalt, Linse und Prisma erzeugten Spektren der Sonne und des elektrischen Bogenlichtes auf einem Baryumplatincyanürschirm auf. Das grüne, im violetten und ultravioletten Gebiete erscheinende Fluorescenzlicht ist im zweiten Falle mindestens ebenso intensiv und weit ausgedehnt wie im ersten. Verwendet man aber als Lichtquelle eine Petroleum- oder Gasflamme, so fluoresciert nur ein schmaler Streifen des Schirmes in schwachem Lichte. Das gewöhnliche Lampenlicht enthält also nur wenig brechbarere Strahlen und ist aus diesem Grunde für Fluorescenzversuche wenig geeignet.

Versuch 28. Man sende den Funkenstrom einer Influenzmaschine oder eines kräftigen Induktionsapparates durch Geißlersche Röhren, die aus verschiedenen Glassorten hergestellt sind oder zwischen ihren Doppelwänden fluorescierende Flüssigkeiten enthalten. Die Wände der Röhren leuchten in prachtvollen Farben auf, da das Licht des in verdünnten Gasen übergehenden Entladungsfunkens reich an kurzwelligen Strahlen ist.

Versuch 29. Man erzeuge in der früher angegebenen Weise ein Sonnenspektrum auf der Vorderwand eines Glasgefäßes mit dem ätherischen Chlorophyllauszug. Das rote Fluorescenzlicht beginnt zwischen den dunklen Linien B und C, also bereits im Gebiete der roten Spektralfarbe, und reicht mit einer Unterbrechung und geringen Abänderungen des Farbentones auch hier über die Grenze des gewöhnlichen Spektrums hinaus. Es wird also nicht nur durch Strahlen höherer Brechbarkeit, sondern auch durch solche Strahlen hervorgerufen, welche eine dem erregten Lichte gleiche Wellenlänge besitzen. (*M.-P.*)

*Versuch 30[2]). Man ersetze den Chlorophyllauszug durch eine Lösung von 0,25 g Magdalarot in 0,5 l Alkohol und stelle zwischen Spalt und Linse ein Strahlenfilter aus rotem Glase, das nur rote und orangefarbene Strahlen hindurchläßt. Die benutzte Lösung fluoresciert schon im Gebiete der roten Spektralfarbe, und zwar in orangefarbenem Lichte, woraus sich ergibt, daß durch Magdalarot auch Strahlen von geringerer in solche von höherer Brechbarkeit verwandelt werden können.

Versuch 31. Das durch ein vertikales Prisma erzeugte Spektrum lasse man auf ein mit Petroleum gefülltes parallelwandiges Glasgefäß fallen. Wie sich mit Hilfe eines weißen Papierstreifens leicht nachweisen läßt, wird das Aufleuchten des Petroleums durch violette und ultraviolette Strahlen hervorgerufen. Durch eine zwischen Prisma und Gefäß aufgestellte horizontale Zylinderlinse ziehe man das blaue Band des Fluorescenzlichtes zu einem schmalen Streifen zusammen und beobachte diesen durch ein zweites horizontal gehaltenes Prisma oder durch ein Taschenspektroskop. Das in der Flüssigkeit homogen erscheinende Fluorescenzlicht wird hierdurch zu einem Spektrum aufgelöst, welches im vorliegenden Falle sämtliche Farben des gewöhnlichen Sonnenspektrums enthält. Es erweist sich also als zusammengesetztes Licht. Doch muß das Mischungsverhältnis der einzelnen Farben ein anderes sein als das des Sonnenlichtes, eben weil die Summe jener Farben hellblaues Licht ergibt. (*M.-P.*)

---

[2]) Für die mit * bezeichneten Versuche wird auf die in der Quellenangabe S. 289 in gleicher Weise bezeichneten Veröffentlichungen hingewiesen.



*Versuch 32. Man untersuche ebenso das nach Versuch 30 durch auffallende rote und orangefarbene Strahlen erhaltene Fluorescenzlicht der alkoholischen Lösung von Magdalarot. Das mit Hilfe des zweiten Prismas erhaltene sekundäre Spektrum lehrt, daß das Orange des Fluorescenzlichtes aus einer Mischung von roten, orangefarbenen, gelben und gelbgrünen Strahlen entstanden ist.

Ergebnis. Vergleicht man nach der letzten Versuchsreihe die Wellenlängen des erregenden mit denjenigen des Fluorescenzlichtes, so ergibt sich, daß in der Mehrzahl der Fälle die Umwandlung der auffallenden Strahlen durch die fluorescierende Substanz mit einer Verminderung der Brechbarkeit verknüpft ist, wobei nicht ausgeschlossen ist, daß bei manchen Körpern die Differenz zwischen den längsten Wellen des erregenden und den kürzesten Wellen des erregten Lichtes den Nullwert erreichen kann, daß also im Fluorescenzlichte neben den minder brechbaren Strahlen auch solche vorkommen können, deren Wellenlängen mit denen des erregenden Lichtes übereinstimmen. Diese Beziehungen sind zuerst von Stokes erkannt worden, der in einer im Jahre 1854 erschienenen Schrift den Satz aufstellte, daß das Fluorescenzlicht das erregende Licht an Brechbarkeit nicht übertrifft, sondern höchstens erreicht. Eingehende Untersuchungen anderer Forscher (v. Lommel, Stenger, Hagenbach u. a.) zeigten indessen, daß diese „Stokessche Regel" nicht allgemeine Gültigkeit besitzt. Sie trifft stets zu für solche Körper, die nur die lichtschwachen Farben vom violetten Ende des Spektrums oder die ultravioletten Strahlen absorbieren und daher im durchgehenden Lichte schwach gelblich, bräunlich oder gar farblos erscheinen. Sie gilt aber nicht immer für lebhaft und intensiv gefärbte Substanzen, welche starke Absorptionsstreifen im weniger brechbaren Teile des Spektrums zeigen. Die prismatische Analyse des Fluorescenzlichtes dieser Körper zeigt, daß letzteres neben Strahlen von größerer und gleichgroßer Wellenlänge auch solche enthält, deren Wellenlängen kleiner als die des erregenden Lichtes sind.

B. Phosphorescenz.

I. Nachleuchten gewisser Körper im Dunkeln nach vorangegangener Belichtung.

Vorbemerkung. Für viele der nachfolgenden Versuche ist eine möglichst schnell herbeizuführende Verdunkelung des Zimmers unerläßlich. Bei Benutzung des Sonnenlichtes ist es zweckmäßig, die Lichtstrahlen mit Hilfe eines Spiegels oder eines Heliostaten durch eine etwa 20 qcm große Öffnung im Fensterladen eintreten zu lassen. Diese Öffnung wird mit einer Vorrichtung versehen, die ein rasches und sicheres Verschließen derselben gestattet.

Versuch 33. Aus einer Mineralienhandlung verschaffe man sich einige Kristalle von Flußspat, Aragonit oder Strontianit unter dem ausdrücklichen Hinweis, daß sie für Phosphorescenzversuche Verwendung finden sollen. Diese Körper setze man einige Zeit dem Lichte der Sonnenstrahlen aus, die man in der angegebenen Weise in ein dunkles Zimmer gelenkt hat, und verschließe dann plötzlich die Öffnung des Ladens. Die Kristalle leuchten jetzt in schwachem Lichte, doch verschwindet die Erscheinung sehr bald und hält höchstens beim Flußspat längere Zeit an. Empfehlenswert ist es, den Versuch durch eine zweite Person ausführen zu lassen, um während der Belichtung die Augen schließen zu können. Mit dem an Dunkelheit gewöhnten Auge ist dann das Aufleuchten der Substanzen deutlicher wahrzunehmen. (*F.-L.*; *M.-P.*)

Versuch 34. Viel intensiver tritt dieses Aufleuchten nach voraufgegangener Belichtung an den künstlich hergestellten „Leuchtsteinen", den Schwefelverbindungen der Alkalierdmetalle (Schwefelbaryum, Schwefelcalcium und Schwefelstrontium), hervor, die, in flache Glasröhren eingeschlossen, in den Lehrmittelhandlungen zu erhalten sind. Man setze eine Sammlung der genannten Substanzen wie vorhin dem Sonnen-



lichte aus und beobachte sie dann im verdunkelten Zimmer. Sie leuchten bedeutend stärker und länger als die Kristalle des vorigen Versuches. Die einzelnen Röhren zeigen dabei verschiedene Farben. Die Erregung der Substanzen kann auch in folgender Weise geschehen. Man befestige über den Röhren mit Hilfe eines Retortenhalters ein Stück Magnesiumband und zünde es an. Dabei schütze man die Augen gegen das blendende Magnesiumlicht durch einen vorgehaltenen Schirm oder durch eine Brille mit dunklen Rauchgläsern, um ihnen eine genügende Empfindlichkeit für die Wahrnehmung des Nachleuchtens der belichteten Stoffe zu sichern. (*F.-L.; M.-P.*)

Versuch 35. Man bringe käufliches feingepulvertes Schwefelbaryum, Schwefelcalcium und Schwefelstrontium in je eine schwache Lösung von arabischem Gummi und überziehe mit diesen Mischungen Schirme aus Kartonpapier oder Blech. Einen anderen Schirm streiche man mit Balmainscher Leuchtfarbe an, die mit einem hellen Lack angerührt wurde. Die gut getrockneten Schirme belichte man einige Zeit durch Sonnen- oder Magnesiumlicht und betrachte sie dann im Dunkeln. Der mit Leuchtfarbe präparierte Schirm leuchtet bläulichweiß nach, für die übrigen Substanzen ist die auftretende Farbe des erregten Lichtes nicht ohne weiteres im voraus zu bestimmen. (*F.-L.*; *S. u. S.*)

Versuch 36. Dicht vor einen der Schirme werde ein planparalleles Glasgefäß mit irgend einer fluorescierenden Lösung gebracht, so daß der untere Teil des Schirmes davon bedeckt wird. Während der Belichtung zeigt sich das Fluorescenzlicht der Flüssigkeit, das aber im Dunkeln sofort verschwindet, während der obere Teil des Schirmes ein mehr oder weniger lebhaftes Nachleuchten erkennen läßt. (*S. u. S.*)

*Versuch 37. Man versetze eine stark fluorescierende Flüssigkeit, etwa Chininsulfat, mit Gelatine und lasse einen Teil derselben bei gelinder Erwärmung erstarren. Dann untersuche man die Flüssigkeit und den erhaltenen festen Körper nach der in Versuch 33 angegebenen Weise. Erstere leuchtet nur während der Belichtung, letztere auch nach derselben auf kurze Zeit. —

Eine Untersuchung verschiedener Körper nach der bisher angewandten Methode ergab, daß die Zahl derjenigen Substanzen, die durch Bestrahlung zum Nachleuchten erregt werden, eine sehr beschränkte war. Sie ließ sich aber ganz bedeutend erweitern, als man die zwischen der Belichtung und der Beobachtung im Dunkeln vergehende Zeit auf kleine Bruchteile einer Sekunde abzukürzen verstand. Dies ist Becquerel mit Hilfe des Phosphoroskopes gelungen. Der Apparat besteht im wesentlichen aus zwei kreisrunden, parallelen Blechscheiben, die um eine gemeinsame horizontale Achse in schnelle Umdrehung versetzt werden können. Beide Scheiben sind mit einer gleichen Anzahl von Löchern versehen, die zu einem Kreise angeordnet sind und gleiche Entfernung voneinander besitzen. Doch sind die Bleche so gegeneinander versetzt, daß die Löcher des einen zwischen denen des andern zu liegen kommen. Die Vorrichtung ist, um störendes Licht abzuhalten, in einer innen geschwärzten Trommel untergebracht, in deren Vorderwand sich eine mit den Löchern der Scheiben an Größe übereinstimmende Öffnung befindet. Durch diese läßt man mit Hilfe eines Beleuchtungsapparates ein Sonnenstrahlenbündel in das Innere der Trommel dringen. Eine besondere Einrichtung gestattet, den zu untersuchenden Körper zwischen den beiden rotierenden Scheiben so anzubringen und festzuhalten, daß die durch die Löcher der vorderen Scheibe dringenden Lichtstrahlen auf ihn fallen. An der Rückwand der Trommel ist eine zweite Öffnung angebracht, die genau in der Richtung der Achse des einfallenden Strahlenbündels liegt. Durch sie beobachtet man die zu prüfende Substanz. Um ihr Aufleuchten nach vorangegangener Belichtung durch die Sonnenstrahlen sichtbar zu machen, müssen die Scheiben einen Weg zurücklegen, welcher der halben Entfernung zweier benachbarter Öffnungen entspricht. Die hierzu erforderliche Zeit kann durch beliebig schnelle Rotation auf winzige Sekundenbruchteile abgekürzt werden.



*Versuch 38. Mit einem Becquerelschen oder Wiedemannschen Phosphoroskop, das für undurchsichtige Körper mit einer Einrichtung für seitliche Beobachtung versehen sein muß, untersuche man Rubin, Kalkspat, Uranglas, Kadmiumsulfat, Chininbisulfat u. a. Die genannten Substanzen leuchten der Reihe nach in rotem, orangefarbenem, grünem, gelbem und hellblauem Lichte. Man färbe Gelatinelösungen mit den in der folgenden Tabelle aufgezählten Anilinfarbstoffen, lasse die Lösungen bei gelinder Erwärmung erstarren und beobachte die im Phosphoroskop auftretende Farbe der einzelnen Substanzen.

Sie ist für Fuchsin	— prachtvoll rot,	für Hofmannsviolett	— prachtvoll rot,
„ Modebraun	— prachtvoll purpur,	„ Methylviolett	— prachtvoll purpur,
„ Jodgrün	— grün	„ Marineblau	— bläulich usw.

Ergebnis. Während das Aufleuchten der früher untersuchten fluorescierenden Körper mit dem Aufhören der Belichtung verschwand, zeigten die in den Versuchen 33—38 benutzten Substanzen noch eine Lichtemission, wenn sie nach voraufgegangener Bestrahlung der Dunkelheit ausgesetzt wurden. Dieses Leuchten im Dunkeln ist am Phosphor, bei dem es jedoch auf andere Ursachen zurückzuführen ist, längst beobachtet worden. Nach ihm hat man die Erscheinung des Nachleuchtens als Phosphorescenz bezeichnet. Findet die Fluorescenz ihr akustisches Analogon in der Resonanz, die mit dem erregenden Tone einsetzt und mit ihm verschwindet, so ist die Phosphorescenz dem Mittönen vergleichbar, das auch nach dem Aufhören des Primärtones noch anhält. Die Zeit, während der die verschiedenen Körper phosphorescieren, schwankt innerhalb ziemlich weiter Grenzen, von mehreren Stunden herab bis zu kleinen Bruchteilen einer Sekunde. Weil letztere der gewöhnlichen Beobachtungsweise entgehen, so sind, wie die Versuche mit dem Phosphoroskop beweisen, viele Stoffe, die nur zu fluorescieren scheinen, zu den phosphorescierenden zu zählen. Die Versuche 37 und 38 ergaben, daß fluorescierende Substanzen zu phosphorescierenden werden, wenn sie aus dem flüssigen in den festen Zustand übergeführt werden. Im allgemeinen darf man die Fluorescenz als eine auf flüssige oder in Flüssigkeiten gelöste und die Phosphorescenz als eine auf feste Körper beschränkte Erscheinung betrachten.

II. Beziehungen zwischen erregendem und erregtem Lichte.

Versuch 39. Man entwerfe mit Hilfe von Spalt, Linse und Prisma nach der früher beschriebenen Weise ein Sonnenspektrum und lasse es auf einen mit Balmainscher Leuchtfarbe präparierten Schirm fallen, der vorher im Dunkeln gestanden hatte. An dem Schirme werde ein Streifen von weißem Papiere so befestigt, daß der untere Rand des Spektrums von ihm aufgefangen wird. Ferner markiere man durch einen in senkrechter Richtung um den Schirm gelegten Faden die violette und für spätere Versuche durch einen zweiten Faden auch die rote Grenze des Spektrums. Es zeigt sich, daß das bläulichweiße Phosphorescenzlicht im violetten und ultravioletten Spektralgebiete auftritt und namentlich nach Abblendung des Lichtstrahlenbündels deutlich wahrnehmbar wird. Die weniger brechbaren Strahlen üben keine Wirkung auf den Schirm aus. Werden Linse und Prisma durch Quarz- oder Uviolapparate ersetzt, die für kurzwellige Strahlen durchlässiger sind, so gewinnt das Phosphorescenzlicht nicht nur an Intensität, sondern auch an Ausdehnung im ultravioletten Gebiete.

Versuch 40. In ein zur Hälfte mit Wasser gefülltes parallelwandiges Glasgefäß gieße man vorsichtig ätherischen Chlorophyllauszug, stelle dicht hinter das Gefäß einen nicht belichteten Phosphorescenzschirm und lasse nun direktes Sonnenlicht auf ihn einwirken. Eine nachherige Beobachtung des Schirmes im Dunkeln ergibt, daß nur die durch das Wasser gedrungenen Lichtstrahlen phosphorescenz-

erregend wirkten, während die durch den Chlorophyllauszug gegangenen Strahlen geringerer Brechbarkeit den Schirm nicht beeinflußten.

Versuch 41. Man belichte den eben benutzten Schirm durch direktes Sonnen- oder unter Schutz der Augen durch Magnesiumlicht. Während der Bestrahlung bedecke man eine Hälfte des Schirmes mit einer Pappscheibe, die andere mit gelbem oder rotem Glase. Nun verdunkle man das Zimmer und entferne Pappscheibe und Glas. Die von ersterer bedeckt gewesene Fläche des Schirmes phosphoresciert weiter, während auf dem übrigen Teile des Schirmes kaum eine Spur des Nachleuchtens wahrzunehmen ist. Die durch die Gläser gedrungenen roten, orangefarbenen und gelben Strahlen haben also bereits vorhandenes Phosphorescenzlicht zum Verlöschen gebracht.

Versuch 42. Man wiederhole den Versuch 39, blende aber für einige Zeit das erregende Sonnenstrahlenbündel ab und bestrahle den Phosphorescenzschirm durch Magnesiumlicht. Auf den jetzt leuchtenden Schirm lasse man von neuem das Spektrum fallen. Es erfolgt eine Steigerung der Intensität des Phosphorescenzlichtes an allen vom Spektrum getroffenen Stellen des Schirmes. Das stärkere Aufleuchten erstreckt sich nicht nur über das Gebiet der sichtbaren Spektralfarben und der ultravioletten Strahlen, es findet auch — und das ist besonders bemerkenswert — noch weit über die rote Grenze des gewöhnlichen Spektrums hinaus fort, ein Beweis dafür, daß auch hierher noch Strahlen fallen müssen, die sich der Wahrnehmung durch unser Auge entziehen. Man hat sie als ultrarote bezeichnet. Das intensivere Aufleuchten des phosphorescierenden Schirmes ist jedoch an denjenigen Stellen, welche von den grünen, gelben, orangefarbenen, roten und ultraroten Strahlen getroffen wurden, nur ein vorübergehendes. Sehr bald macht sich das Gegenteil bemerkbar. Blendet man jetzt die erregenden Strahlen ab, so leuchtet nur noch das violette und ultraviolette Spektralgebiet in hellerem Lichte, während der übrige Teil des Spektrums sich dunkel von dem bläulichen Grunde des Schirmes abhebt. Bei näherer Betrachtung erkennt man mitunter in dem dunklen Gebiete einzelne schmale leuchtende Streifen. Es sind die Fraunhoferschen Linien A bis E, die sich hier in dieser Weise bemerkbar machen. Weil an jenen Stellen im Sonnenspektrum das Licht fehlte, konnte es auch keine auslöschende Wirkung auf das Phosphorescenzlicht ausüben. Außer den bezeichneten, dem sichtbaren Spektralgebiete angehörenden Linien lassen sich im günstigen Falle einige auch im Ultrarot nachweisen. (*M.-P.*)

Versuch 43. Man lege eine sehr empfindliche photographische Platte längere Zeit auf den vom Sonnenspektrum beeinflußten phosphorescierenden Schirm und entwickle sie dann. Die auf dem Schirme wenig deutlichen Fraunhoferschen Linien treten auf der Platte mit großer Schärfe hervor. (*M.-P.*)

Versuch 44. Ein mit einem dunklen Kobaltglase bedeckter Phosphorescenzschirm werde mit Magnesiumlicht bestrahlt. Dann untersuche man mit Hilfe eines Spektroskopes sein Phosphorescenzlicht. Es zeigt sich als zusammengesetzt. Doch sind die einzelnen auftretenden Farben von geringerer Brechbarkeit als das erregende hier blaue Licht.

*Versuch 45. Man untersuche in gleicher Weise die in Versuch 38 aufgezählten Körper unter Benutzung von Strahlenfiltern für das in das Phosphoroskop eintretende Licht. Es ergibt sich, sofern überhaupt Phosphorescenz stattfindet, eine Bestätigung des eben angeführten Resultates.

Ergebnis. Für die Erregung der Phosphorescenz kommen nach den voraufgegangenen Versuchen nur die brechbareren Strahlen in Betracht. Die Strahlen größerer Wellenlänge vermögen diese Erscheinung nicht hervorzurufen. Ihr Einfluß macht sich nur insofern geltend, als sie eine bereits vorhandene Lichtemission nach vorübergehender Steigerung der Intensität zum Verlöschen bringen. Sie veranlassen den phosphorescierenden Körper, den durch eine voraufgegangene Belichtung erworbenen



Energievorrat in kürzerer Zeit und darum in konzentrierterer Form wieder zurückzuerstatten. Ein Vergleich der Wellenlängen des erregenden Lichtes mit denjenigen des erregten ergibt, daß für die Phosphorescenzerscheinungen die „Stokessche Regel“ gültig ist.

III. Einfluß verschiedener anderer Umstände auf die Art des erregten Lichtes.

Schon in dem Versuche 35 wurde darauf hingewiesen, daß die Farbe des Phosphorescenzlichtes der in der dort angegebenen Weise hergestellten Schirme nicht ohne weiteres im voraus zu bestimmen wäre. Sie ist nämlich von verschiedenen Umständen bei der Herstellung und bei der Erregung der verwendeten Substanzen abhängig.

Versuch 46. In einer Porzellanreibschale menge man etwa 10 g Strontianerde mit 5 g Schwefelblume innig miteinander und fülle mit dem Gemenge zwei Röhren aus strengflüssigem Glase etwa zu gleichen Teilen. Dann erhitze man die eine Röhre über der entleuchteten Flamme des Bunsenbrenners oder im Gasofen zuerst etwa 5 Minuten lang gelinde, dann eine halbe Stunde lang sehr stark, so daß die Temperatur auf 600—700° steigt. Der erkaltete Inhalt der Röhre werde dann in eine gut ausgetrocknete, etwas erwärmte weiße Glasröhre von 1 cm Weite und 10 cm Länge geschüttet, die man vorher an einem Ende zugeschmolzen hatte. Nun verschließe man das andere Ende in gleicher Weise. Die zweite Hälfte des Gemenges werde ebenso behandelt, doch sorge man dafür, daß die Temperatur beim Glühen der Substanz 500° nicht übersteigt. Setzt man jetzt beide Röhren dem direkten Sonnen- oder dem Magnesiumlichte aus, so leuchtet das bei höherer Temperatur geglühte Schwefelstrontium violett, das weniger stark erhitzte gelb und auch nur kürzere Zeit nach. (*M.-P.*)

Versuch 47. Man erwärme im Wasserbade unter Benutzung eines Thermometers das Röhrchen mit dem bei gewöhnlicher Temperatur violett phosphorescierenden Schwefelstrontium zuerst auf 40, dann auf 70 und schließlich auf 100° und prüfe für jeden einzelnen Fall das nach der Bestrahlung auftretende Phosphorescenzlicht. Es ist bei 40° hellblau, bei 70° bläulichgrün und bei 100° grünlichgelb. Bei noch höheren Temperaturen leuchtet das Präparat nur noch während der Belichtung, das Nachleuchten dagegen verschwindet gänzlich. (*M.-P.*)

*Versuch 48. Man löse 1—2 g Chininbisulfat in möglichst wenig Wasser, füge etwas Methylviolett hinzu, bis eine deutliche Färbung der Lösung eintritt, und dampfe diese bis zur Trockne ein. Die erhaltene „feste Lösung“ untersuche man mit Hilfe eines Phosphoroskopes. Das Präparat leuchtet bei langsamer Drehung des Apparates grün, bei schneller prachtvoll rot.

Ergebnis. Während die Fluorescenzfarbe einer und derselben Substanz nur von der Farbe des erregenden Lichtes abhängig ist, können, wie aus den drei letzten Versuchen hervorgeht, für die Phosphorescenzfarben der Körper auch noch andere Umstände bestimmend sein. Dazu gehört z. B. die Temperatur, welcher die phosphorescierende Substanz bei ihrer Gewinnung ausgesetzt war, sowie diejenige, die sie bei der Bestrahlung besitzt. In manchen Fällen kommt auch die zwischen der Belichtung und der Beobachtung liegende Zeit in Betracht. Damit ist jedoch die Reihe der die Phosphorescenzfarbe bedingenden Faktoren keineswegs erschöpft. Es sind auch, wie sehr schwer zu wiederholende Versuche ergeben haben, die Ausgangsprodukte, die Art und Weise ihrer Verarbeitung zum fertigen Präparat, sowie zufällig vorhandene oder absichtlich beigemengte ganz geringe Zusätze anderer Substanzen für die Art des erregten Lichtes von erheblicher Bedeutung.



IV. Erregung von Phosphorescenz durch andere als die bisher betrachteten Ursachen.

Versuch 49. Auf das Tischchen eines Henleyschen Ausladers lege man eine gut gereinigte, etwas erwärmte Glasplatte und darauf ein Stückchen Zucker von 2—3 cm Länge. Nun schiebe man die Kugeln des Ausladers dicht an den Zucker heran, stelle die nötigen Verbindungen mit einer Influenzmaschine oder Verstärkungsflasche her und lasse nach Verdunkelung des Zimmers einen kräftigen Entladungsfunken zwischen den Kugeln übergehen. Es zeigt sich für einige Sekunden ein schwaches Leuchten des Zuckers. Läßt man den Entladungsfunken über Flußspat hinweggehen, so tritt dieselbe Erscheinung, wenn auch weniger deutlich, auf. (*F.-L.*)

Versuch 50. Wird eine mit etwas Quecksilber gefüllte, stark evakuierte Röhre aus phosphorescierendem Glase im Dunkeln stark geschüttelt, so leuchtet sie infolge der durch die Reibung des Quecksilbers an der Röhrenwand stattfindenden elektrischen Erregung in sanftem Lichte auf.

Versuch 51. Man verbinde eine kugelförmige, bis auf 0,001 mm Druck ausgepumpte Crookessche Röhre mit hohlspiegelförmiger Kathode mit einem kräftigen Funkeninduktor und setze diesen in Tätigkeit. Die von den Kathodenstrahlen getroffene Stelle der Glaswand phosphoresciert in grünem Lichte.

Versuch 52. Man zeige die phosphorescenzerregende Wirkung der Kathodenstrahlen mit Hilfe einer Crookesschen Röhre, die in ihrem Innern Kristalle von Kalkspat, Strontianit oder Edelsteine und dergleichen enthält. Die genannten Substanzen leuchten, sobald sie von jenen Strahlen getroffen werden, in den prächtigsten Farben auf.

Versuch 53. Ein mit Baryumplatincyanür bestrichener Schirm werde der Einwirkung der Röntgenstrahlen ausgesetzt. Er phosphoresciert in schwach grünlichem Lichte.

Versuch 54. In einem Reagenzglase erwärme man ein etwa erbsengroßes Stück Flußspat, am besten eine violette oder grünliche Varietät, gelinde über einer Spiritusflamme und betrachte es dann im Dunkeln. Es strahlt ein violettblaues Licht aus.

Versuch 55. Man reibe im Dunkeln zwei Kieselsteine oder zwei Stückchen Zucker aneinander oder spalte Kreide oder Glimmer. In jedem Falle ist ein schwaches Aufleuchten der Substanzen wahrzunehmen.

Versuch 56. In eine Literflasche bringe man eine etwa 5 cm lange Stange gelben Phosphors, von der man, sofern dies nötig war, vorsichtig unter Wasser die Rinde abgeschabt hat. Dann gieße man so viel Wasser in die Flasche, daß der Phosphor davon zur Hälfte bedeckt wird, verschließe die Öffnung mit einer Glasplatte und stelle die Flasche in ein Becken mit Wasser von etwa 30—35° Wärme. Beobachtet man nun den vom Phosphor aufsteigenden weißen Rauch im Dunkeln, so zeigt er ein deutlich wahrnehmbares Leuchten. Nach etwa 5—10 Minuten halte man einen mit Jodkaliumstärke getränkten Streifen Filtrierpapier in die Flasche und weise durch die eintretende Blaufärbung die Anwesenheit von Ozon nach. Die Umwandlung des Sauerstoffs in Ozon läßt aber auf einen chemischen Vorgang schließen, mit dem das Aufleuchten des Phosphordampfes verknüpft ist.

Versuch 57. Auf einer Platte erhitze man im dunklen Zimmer über einer Spiritusflamme etwas Schwefel so, daß dessen Entzündungstemperatur nicht erreicht wird. Es zeigt sich nach einiger Zeit eine grauweiße Flamme, in die man getrost den Finger hineinhalten kann. Es läßt sich zeigen, daß dieses Leuchten des Schwefeldampfes bei niedriger Temperatur durch einen Oxydationsprozeß herbeigeführt wird; denn ein in die Flamme gebrachter, mit Kaliumpermanganatlösung getränkter Streifen von Filtrierpapier zeigt eine schwache Reaktion auf schweflige Säure an.

Versuch 58. Man lege ein Stück frischen Rindfleisches in eine 10 proz. Kochsalz- oder Kalisalpeterlösung, sorge aber dafür, daß es davon nicht ganz bedeckt



wird. Nach 2—3 Tagen zeigt das im ungeheizten, nicht allzu hellen Zimmer aufbewahrte Fleisch gewöhnlich im Dunkeln ein schwaches Leuchten. Sicherer tritt diese Erscheinung auf, wenn man in das Salzwasser etwas Fleisch (bzw. Hautstückchen oder Flossen) von Seefischen hineinlegt. Untersucht man mit dem Mikroskope einen Tropfen der ebenfalls leuchtenden Flüssigkeit bei etwa 600—800facher Vergrößerung, so lassen sich darin unzählige Bakterien nachweisen, von denen die Photobakterien Micrococcus phosphoreus Cohn oder Bacterium phosphoreum Molisch als Urheber jener Lichterscheinung erkannt worden sind. (*S.-K.*)

Versuch 59. Mit der leuchtenden Salzlösung werde eine unten zugeschmolzene Glasröhre oder ein enges Reagenzglas bis auf etwa 1 cm vom Rande gefüllt. Nach etwa einer Viertelstunde erscheint die Röhre dunkel und läßt nur noch an der Oberfläche einen schwachen Lichtschimmer erkennen. Dreht man jedoch die mit dem Daumen verschlossene Röhre um, so erregt die aufsteigende Luftblase die Bakterien von neuem zum Leuchten. Daraus ergibt sich aber, daß die Lichterzeugung nur unter dem Einfluß des Sauerstoffs stattfindet, also ebenfalls auf einen Oxydationsvorgang zurückzuführen ist. (*S.-K.*)

Versuch 60. Man verschaffe sich aus dem Walde etwas Holz, das mit dem Mycel des Hallimasch (Agaricus melleus Vahl) durchsetzt ist, der auf den Wurzeln oder der Rinde erkrankter Bäume nicht selten anzutreffen ist, und beobachte im Dunkeln die phosphorescierenden Pilzfäden. Dann bringe man das Holz unter den Rezipienten einer Luftpumpe und evakuiere diesen. Mit zunehmender Luftverdünnung läßt auch die Intensität des Lichtes mehr und mehr nach. (*S.-K.*)

Ergebnis. Während fluorescierende Körper nur durch auffallende Lichtstrahlen zur Lichtemission veranlaßt werden können, ist die Erscheinung der Phosphorescenz nicht allein auf diese Art der Erregung beschränkt. Sie kann, wie die Versuche der letzten Reihe ergaben, auch durch die Einwirkung der Kathoden- und Röntgenstrahlen, sowie durch elektrische, thermische, mechanische und chemische Vorgänge verursacht werden. Auf welche Ursachen aber auch die Lichtemission fluorescierender oder phosphorescierender Substanzen zurückzuführen sein mag, ein Merkmal ist ihr in allen Fällen gemeinsam. Sie findet immer unterhalb derjenigen Temperatur statt, bei welcher die nur durch Wärmezufuhr bedingte normale Lichtentwicklung einsetzt. Nach dem Vorschlage E. Wiedemanns werden alle jene ohne entsprechende Erhitzung auftretenden Leuchtprozesse als Luminescenz bezeichnet, und zwar die durch auffallendes Licht erregte Fluorescenz und Phosphorescenz als Photoluminescenz, das durch Kathodenstrahlen bewirkte Aufleuchten als Kathodoluminescenz und die durch elektrische, mechanische, thermische und chemische Vorgänge veranlaßten Lichterscheinungen entsprechend als Elektro-, Tribo-, Thermo- und Chemiluminescenz.

Kleine Mitteilungen.

Wasserdruck-Regulator für beliebige Ausflußgeschwindigkeit.

Von Prof. **Könnemann** in Posen.

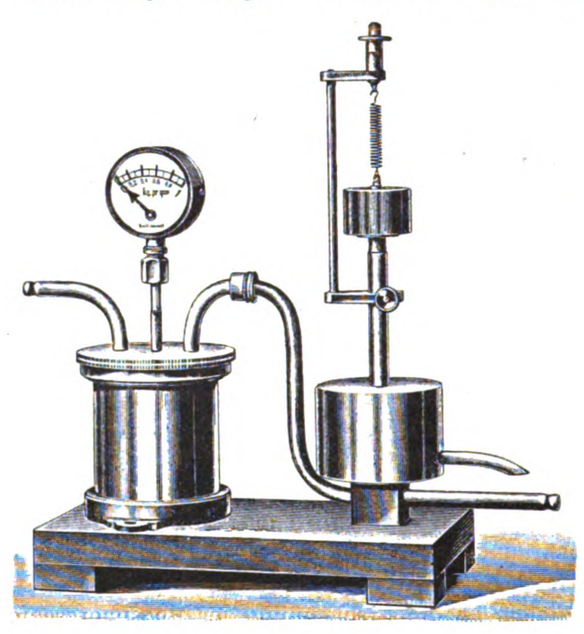
Versuche mit Wasserstrahlen, insbesondere Untersuchungen über die Anwendung des hydraulischen Mikrophons[1]) auf das Telephon, wobei der Wasserdruck je nach der Ausflußöffnung auf konstante Höhe von 4—5 m abgestimmt werden muß, brachten Unzuträglichkeiten einer veränderlichen bedeutenden Höhenlage des Bassins mit sich. Sie gaben mir Veranlassung, einen Wasserdruck-Regulator für Ausflußgeschwindigkeiten von Null bis zum vollen Druck der Zuleitung zu konstruieren; seine Aus-

[1]) Nach Boys „Seifenblasen“, übers. von Dr. G. Meyer, Lpz. 1893.



führung hat Herr Mechaniker F. A. Hintze in Berlin übernommen; sie erfüllt nach meinen Versuchen alle an den Apparat zu stellenden Anforderungen.

Unten rechts tritt das Wasser aus der Leitung ein; dem Metallrohr M ist in dem würfelförmigen Träger vertikal ein zweites Rohr K eingefügt; in ihm ruht gleitend ein massiver oder auch hohler Verschlußzylinder C. Das Rohr K besitzt diametral gegenüberstehend zwei Spalte, welche nach unten bis zur Basis des Verschlußzylinders C herab spitz zulaufen. Der Verschlußzylinder C kann oben durch Gewichte und Bleischrot beliebig belastet werden. Das Rohr M führt in einer Kapsel aus Messing (Mariottesche Flasche) mit abschraubbarem Deckel bis nahe zum Boden; das nahe zum Boden geführte Rohr des Arbeitsstrahls kann mit Wattefilter umgeben werden. Das aus den Spalten des Regulators austretende Wasser wird in einer Hüllkapsel abgefangen und in den Abfluß geleitet. Ein Manometer dient zum Messen des Arbeitsdruckes.



Der Apparat läßt sich für sämtliche Versuche mit Wasserstrahlen verwenden. Der Hahn der Wasserleitung ist nur so weit zu öffnen, daß etwas überschüssiges Wasser aus dem Regulator abfließt, während der Arbeitsstrahl tätig ist; dieser wird nach Belieben durch eine Klemme abgesperrt. Zu Versuchen mit der besten Druckhöhe empfiehlt sich der Druck der Hand auf den Kopf des Verschlußzylinders C; zur Herstellung von vorgeschriebenem konstanten Druck wird er belastet; eine Spiralfeder (auswechselbar) dient zur Feineinstellung und hebt jegliche Druckschwankung auf.

Über die Verwendung des Satrap-Gaslichtpapiers im Unterricht.

Von **Hermann Sommerlad** in Breslau.

Das von der „Chemischen Fabrik auf Aktien“ (vorm. E. Schering) zu Charlottenburg in den Handel gebrachte photographische Satrap-Gaslichtpapier läßt sich zu verschiedenen Demonstrationen im physikalischen und chemischen Unterricht an Stelle der teureren Bromsilberplatten oder der wenig lichtempfindlichen Chlorsilberpapiere mit Vorteil benutzen. An trüben Wintertagen besonders leistet es ausgezeichnete Dienste. Es empfiehlt sich, das kartonstarke Papier zu verwenden, da man die Bilder fast unmittelbar nach der Herstellung unter den Zuhörern herumreichen kann und sie auch zur ev. Aufbewahrung nicht aufzukleben hat. Oft genügen für einen Versuch schmale, von einem größeren Blatt abgeschnittene Streifen. Bei der relativ geringen Lichtempfindlichkeit des Papiers braucht man auch nicht zu ängstlich mit der Verdunkelung des Zimmers zu sein und kann eine kleine Gasflamme in größerer Entfernung ruhig brennen lassen. In folgendem seien einige Verwendungen des Papiers kurz beschrieben, die allerdings manchem Fachkollegen bekannt sein dürften.

1. Demonstration der chemischen Wirkungen des Lichtes. Auf ein Blatt des Papiers (Format 9/12 cm) lege man einige Geldstücke, belichte durch Ab-



brennen eines Streichholzes in 2 cm Entfernung, nehme die Münzen weg und zeige zunächst, daß noch keine sichtbare Wirkung des Lichtes wahrzunehmen ist. Dann entwickle man das Bild mit Adurol, zerschneide das Blatt in zwei Hälften, von denen die eine in das Fixierbad kommt, die andere sofort dicht an die Leuchtflamme gehalten wird. Ein zweites Blatt des Papiers bedecke man mit einer Glasplatte, auf die Streifen von Gelatinefolie verschiedener Farbe geklebt sind, belichte mit Streichholz, entwickle und fixiere. (Ist die Anzahl der Zuhörer nicht zu groß, so lasse man diese, um den Tisch gruppiert, die Vorgänge aus der Nähe beobachten.) Darauf wiederhole man den Versuch mit Gaslichtpapier, das man sich einige Tage vor dem Gebrauch orthochromatisch gemacht hat. Gute Resultate erzielte ich, bei Benutzung des „matten“ Papiers, nach einer Vorschrift, die H. W. Vogel (Photographie, bearbeitet von E. Vogel) für Trockenplatten gibt. Als Vorratslösungen sind herzustellen 1. eine Lösung von 0,2 g Erythrosin in 100 ccm Alkohol, 2. eine solche von 0,05 g Cyanin in 50 ccm Alkohol. Dann mische man 50 ccm der ersten mit 5 ccm der zweiten Lösung und bewahre vor Licht geschützt auf. Zur Bereitung des eigentlichen Farbbades, das stets frisch anzusetzen ist, werden 2 ccm der Erythrosin-Cyaninlösung mit 10 ccm Alkohol, 40 ccm Wasser und 0,5 ccm Ammoniak gemischt. Nach Einlegung des Papiers in ein Vorbad von 1 ccm Ammoniak und 100 ccm Wasser kommt es in das Farbbad, worin es zwei Minuten verbleibt. Nach dem Abtropfen wird es in einem lichtdichten Karton getrocknet. Bei der Herstellung und Verwendung des orthochromatischen Papiers arbeite man bei gedämpftem Licht der Dunkelkammerlampe.

Will man unter Anwendung des Prismas die Wirkung der Spektralfarben zeigen, so entwerfe man das Spektrum zuerst auf das gewöhnliche, dann auf das orthochromatische Papier. Bei Benutzung der Bogenlampe als Lichtquelle und des Schwefelkohlenstoffprismas stelle ich ca. 30 cm von letzterem entfernt einen Pappschirm mit rechteckigem Ausschnitt (6 $\times$ 2 cm) auf, hinter den in ca. 40 cm Entfernung ein weißer Karton kommt, auf dem dann der lichtempfindliche Papierstreifen mit Zwecken befestigt wird. Ein Blatt vom Format 9/12 cm, der Länge nach durchschnitten, reicht für zwei bis drei Aufnahmen.

Ganz gut gelang auch die Aufnahme von Linienspektren. Man drücke z. B. eine Messerspitze eines mit etwas Wasser angerührten Gemisches von Soda, Calcium- und Strontiumkarbonat zwischen die Kohlen der Bogenlampe, schalte diese ein, ziehe die Kohlen rasch auseinander und verschiebe den weißen Schirm, bis auf ihm ein scharfes Bild der Linien entsteht. Dann wird nach Ausschaltung der Lampe das orthochromatische Gaslichtpapier auf dem Schirm befestigt und der Versuch wiederholt, wobei man nicht zu kurz belichte. Ich benutzte auch, wie F. C. G. Müller in seiner Technik des physik. Unterrichts angibt, zur Aufnahme der Spektrallinien die photographische Kamera, was bequemer ist. An Stelle des Objektivs kommt ein Kartonblatt mit rechteckigem Ausschnitt. Nach scharfer Einstellung der Visierscheibe ersetzt man diese durch das in der Kassette befindliche Papier.

Da mir keine Gelbscheibe zur Verfügung stand, übergoß ich eine Glasplatte mit einer Lösung von gelber, sog. „Fettfarbe“ in Äther, die mit Kollodium gemischt wurde. Durch Vorschaltung dieser Platte ließ sich bei Benutzung des orthochromatischen Papiers die Abschwächung der blauen und violetten Strahlen zeigen.

2. Fixierung der magnetischen Kraftlinien. Will man die Anordnung der Eisenfeilspäne um Magnete oder Stromleiter im Bild festhalten, so eignet sich hierzu auch sehr gut das Gaslichtpapier, das den Glasplatten gegenüber den Vorzug hat, daß man es leicht an beliebiger Stelle durchbohren und die vertikalen Stromleiter hindurch stecken kann. Nach Aufsieben der Feilspäne durch ein Drahtnetz und deren Anordnung belichte man mit Streichholz, entferne das Eisen, entwickle und fixiere.

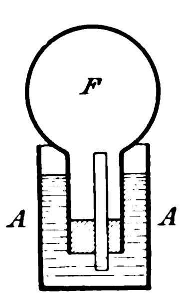


3. Aufnahme elektrischer Entladungen. Man drücke Streifen des Papiers gegen die Elektroden der Influenzmaschine oder des Induktors an und lasse den Funken auf dem Papier überschlagen. Schöne Verästelungen ergeben sich, wenn man den einen Pol des Teslatransformators mit einem Stanniolblatt verbindet, darauf eine Glasscheibe und das Gaslichtpapier legt und letzteres mit einem Draht, der mit dem anderen Pol verbunden ist, berührt.

4. Radiographien. Da das Gaslichtpapier viel weniger empfindlich ist als die Trockenplatte, muß man die radioaktiven Substanzen viel länger auf es einwirken lassen. Ein mit einem Stanniolkreuz beklebtes Stück Uranpecherz gab nach 10 Tagen ein schwaches, nach 4 Wochen ein sehr deutliches Bild. Thoriumoxyd, erhalten durch Glühen des Nitrats, Asche von Glühstrümpfen und Monazitsand ließen auch nach dieser Zeit keine Einwirkung erkennen.

Versuche mit einfachen Mitteln.

Ein Luftpumpenversuch. Umkehrung des Heronsballes. Von Prof. **Ernst W. G. Schulze** in Leer (Ostfriesland). Ein Glasgefäß A ist z. T. mit gefärbtem Wasser gefüllt. Eine Kochflasche F ist durch einen Stöpsel aus Kork oder Gummi verschlossen. Durch den Stöpsel geht eine Glasröhre hindurch. Man ermittelt den Rauminhalt dieser so ausgerüsteten Flasche (a ccm). Dann taucht man die leere Flasche mit dem Halse in die gefärbte Flüssigkeit und stellt die ganze Vorkehrung unter die Luftpumpenglocke. Wird nun die Luft unter der Glocke verdünnt, so verliert sie an Spannkraft. Die Luft in der Flasche dehnt sich aus und entweicht z. T. in Blasen durch die gefärbte Absperrflüssigkeit, bis ihre Dichte und Spannkraft auf die der Luft unter der Glocke herabgegangen ist. Will man mit dem Auspumpen der Luft nicht mehr fortfahren, so läßt man wieder die Luft in die Glocke hinein. Diese drückt dann von der farbigen Absperrflüssigkeit so viel in die Flasche hinein, bis der Luftrest darin wieder seine ursprüngliche Dichte angenommen hat. Nun wird die Flasche wieder aus dem Glase A herausgenommen und die eingedrungene Flüssigkeitsmenge gemessen (b ccm).



Es seien ursprünglich a ccm Luft von der Dichtigkeit der atmosphärischen in der Flasche gewesen; davon sind b ccm entwichen. Der Rest von $(a - b)$ ccm hatte sich somit auf a ccm ausgedehnt. Die Verdünnung war demnach bis auf $\frac{a-b}{a}$ getrieben. Der Unterschied der Niveaus im Glase A und in der Flasche kann als unerheblich außer Rechnung bleiben. Die Glasröhre kann auch fortbleiben, sofern nur der Stöpsel durchbohrt ist. Läßt man auch den Stöpsel fort, so wird die Messung von b resp. $a - b$ zu ungenau.

Volumänderung von Glasgefäßen durch Druck. Von **R. Maurer** in Freiburg i. Br. Aus einer Flasche von elliptischem Querschnitt und ~ 200 ccm Inhalt war ein Heronsball gebildet worden, der bis in die Spitze der Röhre mit Wasser gefüllt war. Ein Schüler bemerkte, daß durch Fingerdruck gegen die kleine Achse der Ellipse das Wasser etwas stieg und mit dem Nachlassen des Drucks sofort wieder fiel. Drückte man die große Achse zusammen, so erweiterte sich das Gefäß, und das Wasser sank, jedoch weniger als vorher, und stieg wieder, sobald der Druck aufhörte. Eine andere, ähnliche Flasche verhielt sich ebenso. (Sehr dünnwandige Glasgefäße, wie man sie leicht selbst blasen kann, sind bekanntlich noch weit nachgiebiger.)



Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Ein „Beschleunigungsapparat". Unter dem Titel *„An acceleration apparatus"* beschreibt L. E. Akeley (Univ. of South Dakota, Vermillion, U. S. A.) in der Zeitschrift *School Science and Mathematics, Vol. IX, Nr. 5* (May 1909) die folgende Vorrichtung. An das eine Ende eines Fadens ist ein Gewicht von 1 kg befestigt, an das andere Ende eine kleine Metallkugel von 11 g Gewicht und 1,5 cm Durchmesser. Der Faden (ein leichter Baumwollfaden) ist über eine Rolle von 20 cm Durchmesser geführt. Läßt man das Kilogrammstück durch eine vorgeschriebene Höhe (60,5 cm) fallen, so wird die kleine Kugel auf der Fläche eines Tisches in horizontaler Richtung mit wachsender Geschwindigkeit fortgezogen. Man richtet nun den Versuch so ein, daß in demselben Augenblick, in dem das Gewicht auf den Boden aufschlägt, die Kugel die Tischkante verläßt und eine Wurfbewegung einschlägt. Man hält einen dünnen Metallstab S in verschiedenen Abständen in den Weg der Kugel und bestimmt hierdurch den von ihr beschriebenen Weg. In Fig. 1 ist eine derartige Wurfkurve dargestellt; die folgende Tabelle gibt in Spalte 1 unter x den horizontalen Abstand des Stabes von der Tischkante, unter $a - y$ den vertikalen Abstand vom Boden, unter y die Fallhöhe, unter x' die aus dieser berechneten Werte von x. die mit denen der ersten Spalte recht gut übereinstimmen.

x	$a - x$	y	x'
74,5	63,9	23,6	75,3
88	55,3	32,2	88,06
97,8	47	40,5	98,72
115	33	54,5	114,6
119,5	27	60,5	120,7
123,7	23,7	63,8	123,8

Die Massen der kleinen Kugel und der Rolle sind im Vergleich mit der des Gewichtstückes zu vernachlässigen. Die Vorteile des Apparates sind folgende:

1. Die aus den Versuchen abgeleitete Kurve gestattet einen unmittelbaren Einblick in die fundamentalen Gesetze der Bewegung. So zeigt die Kurve in Fig. 1, daß im Punkt A die Kugel durch dieselbe Höhe von 60,5 cm gefallen ist wie das Gewichtstück. Die Bewegungsrichtung macht hier einen Winkel von 45° mit jeder Koordinatenachse, d. h. die vertikale und horizontale Komponente der Bewegung sind einander gleich, die letztere ist also ebenso groß wie beim Verlassen der Tischkante, oder mit anderen Worten, die horizontale Komponente der Wurfbewegung ist gleichförmig (Beharrungsgesetz und Unabhängigkeitsgesetz); die Abszissen der Wurfkurve sind demnach der Zeit proportional, die Kurve selbst ergibt daher unmittelbar das Gesetz $T = \frac{1}{2} a t^2$. Läßt man ferner das Gewicht durch eine Höhe von 1 m fallen, so findet man, daß der Stab S in 2 m horizontalen Abstand gestellt werden muß, um von der Kugel in 1 m Falltiefe getroffen zu werden; bei anderen Abständen findet man dasselbe Gesetz, die Endgeschwindigkeit des fallenden Körpers ist also doppelt so groß wie die Durchschnittsgeschwindigkeit während des Falles.

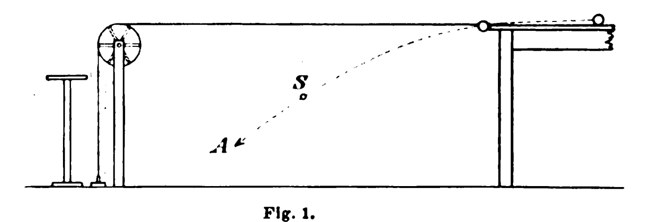


Fig. 1.

2. Der Apparat erläutert die Wurfbewegung und kann zur Bestätigung der Gesetze derselben dienen.

3. Der Apparat kann auch zur Demonstration der Beziehungen zwischen Kraft, Masse und Beschleunigung dienen. Zu diesem Zweck werde ein Gewicht von $1\frac{1}{2}$ kg an das eine Ende des Fadens gehängt und $\frac{1}{2}$ kg an das andere über die Rolle geführte. Ein zweiter leichter Faden verbindet das schwerere Gewichtstück mit der leichten Kugel (Fig. 2). Der Versuch zeigt, daß der Stab R an derselben Stelle wie in dem früheren Fall von der Kugel getroffen wird. *P.*

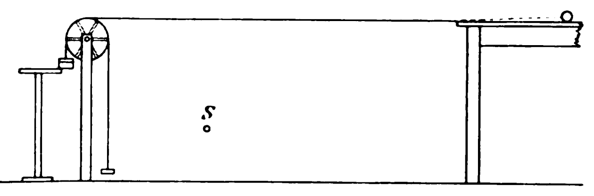


Fig. 2.

Ein Apparat zur Lehre vom Trägheitsmoment. Von H. Hammerl. (*Vierteljahrsber. des Wiener Vereins z. Förd. des physikal. u. chem. Unterr. XIV 1, 1909.*) Der Apparat zur experimentellen Einführung des Begriffes Trägheitsmoment hat im Prinzip dieselbe Einrichtung wie die in dieser Zeitschrift von Koppe (*Bd. 5, S. 8*), Mischpeter (*10, 258*), Müller (*8, 194*) und Spies (*20, 137*) beschriebenen und wird vom Verf. nur deshalb bekannt gemacht, weil der Hauptbestandteil desselben in vielen (österreichischen) Anstalten bereits vorhanden ist und mittels kleiner Ergänzungen ohne große Kosten zu diesem Zwecke benützt werden kann. Es ist dies Machs Pendelapparat, der dazu dient, den Einfluß der Änderung der beschleunigenden Kraft auf die Schwingungsdauer zu demonstrieren.

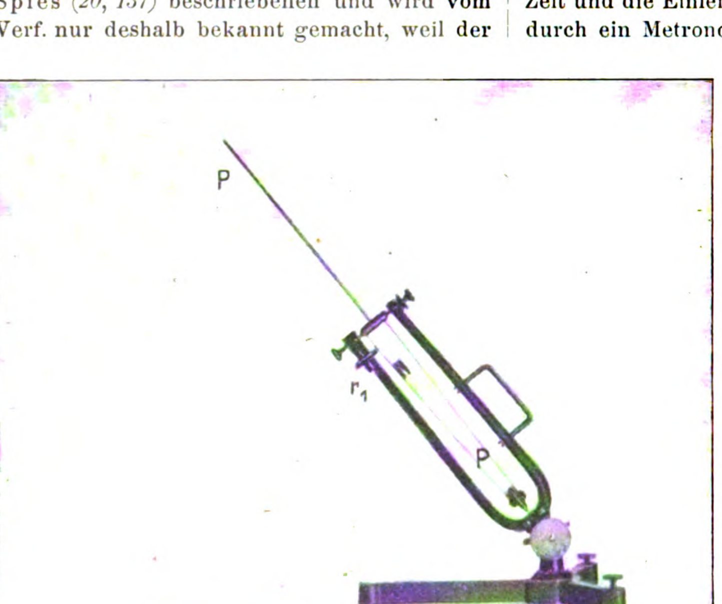


Fig. 1.

An der Gabel des Apparates (Fig. 1) wird eine kleine Rolle r_1, gelagert in Spitzen, angebracht und das eigentliche Pendel P durch eine in Spitzen gelagerte Stahlstange A (Fig. 2) von 60 cm Länge ersetzt; auf der Achse sitzt eine Aluminiumrolle r_2 von 4 cm Durchmesser. Auf der Stange lassen sich zu beiden Seiten der Achse in beliebiger Entfernung Bleimassen m, $\frac{m}{2}$ und $\frac{m}{4}$ befestigen.

Dreht man die Gabel aus der vertikalen Lage um 90° (Fig. 2), befestigt das eine Ende eines feinen Fadens f an der Rolle r_2, schlingt denselben mehrere Male herum, führt den Faden über die Rolle r_1 und bringt am freien Ende Gewichte p_1, p_2, p_3 an, so erfolgt eine gleichförmig beschleunigte rotierende Bewegung der Stange um eine vertikale Achse, wie sich aus der gemessenen Zeit und der gemessenen Wegstrecke direkt durch den Versuch nachweisen läßt. Die Messung der Zeit und die Einleitung der Bewegung erfolgt durch ein Metronom, die Messung der Wegstrecke mittels Vertikalmaßstabs mit Schieber und Zeiger.

Zur Einleitung der Bewegung ist an der Seitenwand des Metronoms M ein kleines Winkeleisen w befestigt, das einen leicht beweglichen gleicharmigen Hebel h trägt. In vertikaler Stellung des Hebels schlägt die Stange an das untere Ende des Hebels und ist in ihrer Bewegung gehemmt; bei der ersten äußersten Lage des Pendels b des Metronoms nach rechts erfolgt eine Drehung des Hebels, oben nach rechts, unten nach links, die Einleitung der Bewegung erfolgt mit dem Sekundenschlag 0, und das Gewicht p_1 schlägt nach einer gewissen ganzen Anzahl von Sekunden auf die Kartonplatte K auf, die mittels Kork auf dem Zeiger des Vertikalmaßstabes V befestigt ist.

Man zeigt zunächst durch den Versuch, daß die Beschleunigung direkt proportional dem Drehungsmoment ist; z. B. in 5 Sek. fällt das Gewicht p_1, wenn nur die Stange in Drehung versetzt wird, um 120 mm, das gibt: $b_1 = 9{,}6$, oder bezogen auf die Winkelgeschwindigkeit β, da bei einer Umdrehung der Faden sich um 13,8 mm abwickelt,

$$8{,}7 = \frac{\beta_1}{2} t^2, \text{ woraus } \beta_1 = 0{,}70.$$

Ersetzt man p_1 durch $2\,p_1$, so ergibt sich die Fallhöhe in 5 Sek. zu 250 mm. Das gibt $b_2 = 20$, $\beta_2 = 1{,}44$.

Der Einfluß der Masse wird demonstriert, indem man in derselben Entfernung von der Umdrehungsachse der Reihe nach die Massen $\frac{m}{4}$, $\frac{m}{2}$ und m auf der Stange befestigt. Je

größer die Masse, desto kleiner ist der in einer bestimmten Anzahl von Sekunden zurückgelegte Weg, der sich ziemlich rasch durch entsprechendes Verschieben der verschiebbaren Kartonplatte K bestimmen läßt. Die wirkliche Proportionalität läßt sich bei dem vom Verfasser benutzten Apparat wegen des großen Einflusses der Stange nicht nachweisen, aber wenn man eine hochkantig gestellte Holzstange und größere Bleigewichte nimmt, wird sich dieselbe wohl annähernd nachweisen lassen.

Nach der Demonstration des Einflusses der Masse zeigt man den Einfluß der Entfernung der Masse von der Umdrehungsachse, indem man z. B. die Masse m immer weiter hinausschiebt. Zum schnellen Befestigen der Massen in der richtigen Entfernung auf beiden Seiten der Umdrehungsachse dienen Kartonstreifen s; das eine Ende derselben wird an die Mantelfläche der Achse angelegt, an das andere Ende wird die Masse m bis zur Berührung herangeschoben, so daß man mit den passend abgeschnittenen Kartonstreifen rasch in beliebigen Entfernungen die Massen befestigen kann, und immer das indifferente Gleichgewicht vorhanden ist.

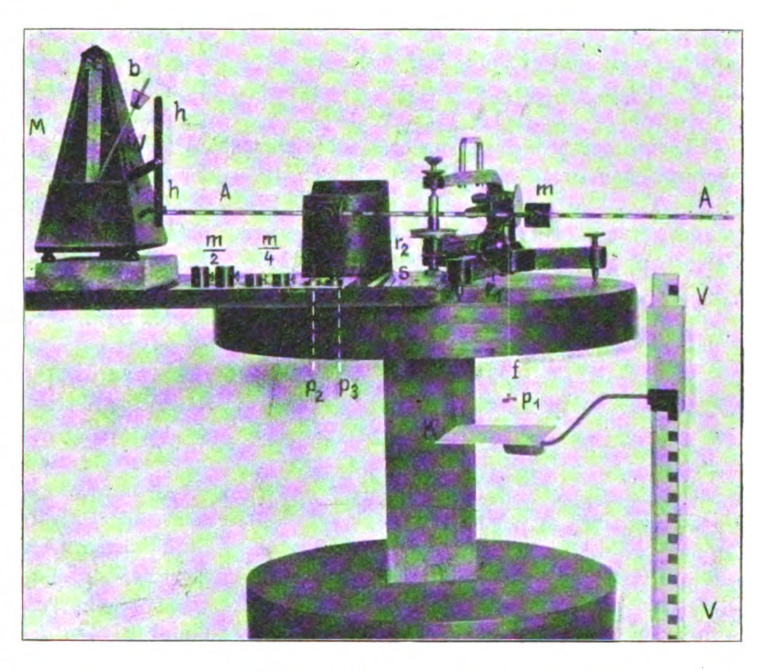


Fig. 2.

Um nun zu demonstrieren, daß der Einfluß der Masse bestimmt ist durch $m r^2$ und nicht durch $m r$, ermittelt man z. B. die Fallhöhe des Gewichtes p_1 für m im Abstande von 10 cm; sie beträgt in 10 Sek. 252 mm. Für $\frac{m}{2}$ im Abstande von 20 cm beträgt sie in 10 Sek. 184 mm, für $\frac{m}{4}$ im Abstande 20 cm erhält man wieder in 10 Sek. 251 mm.

Schließlich kann man noch zeigen, daß m im Abstande 8 cm und $\frac{m}{4}$ im Abstande 12 denselben Einfluß ausüben wie m im Abstande 10; oder m im Abstande 6 und $\frac{m}{4}$ im Abstande 16 wie m im Abstande 10 usf.

Das Stativ mit dem Apparat kommt auf den Experimentiertisch, damit der ganze Verlauf der Versuche von allen Schülern beobachtet werden kann. *P.*

Zur Demonstration des elastischen Stoßes. Von W. Westphal (*Berichte d. D. physikal. Gesellsch. 1909, Heft 11*). Der zur Demonstration des elastischen Stoßes benutzte Apparat läßt sich wesentlich verbessern, wenn man an Stelle von Elfenbeinkugeln solche aus Stahl benutzt (wie sie zur Verwendung in Kugellagern von der Deutschen Waffen- und Munitionsfabrik in Berlin hergestellt werden). Zum Vergleich der elastischen Eigenschaften von Elfenbein, Glas und Stahl wurden zwei gleich große Kugeln desselben Materials bifilar als Pendel aufgehängt. Die eine wurde aus ihrer Ruhelage entfernt und stieß beim Zurückfallen auf die zweite, diese rückkehrend auf die erste u. s. f. Da der Stoß in keinem Fall vollkommen elastisch ist, so wird ein Teil der Energie in Deformationsarbeit umgesetzt, was sich in einer Abnahme der Amplitude zu erkennen gibt. Berücksichtigt wurde auch die Luftreibung, deren Einfluß sich durch die Amplitudenabnahme bei Schwingungen ohne Zusammenstoß ermitteln läßt. Es ergaben sich nach Abzug dieses Einflusses für den Energieverlust β bei einem Stoß folgende Resultate:

	Kugelradius cm	β %
Stahlkugeln	1,85	0,52
-	2,20	1,30
Glaskugeln	2,65	3,34
Elfenbeinkugeln	1,85	6,60
-	2,50	6,70

Die Überlegenheit der Stahlkugeln geht aus dieser Tabelle deutlich hervor. Apparate, die mit solchen Kugeln ausgestattet sind, werden von der Firma Dr. H. Koepsel in Berlin-Charlottenburg geliefert. *P.*

Vorlesungsversuch zur Demonstration eines magnetischen Drehfeldes. Von G. Bode. (*Berichte d. D. Physikal. Ges. 1909, Heft 2.*) Ein runder, etwa 35 cm langer und 0,5 cm starker Eisenstab *A* (Fig. 1) ist an seinem einen Ende

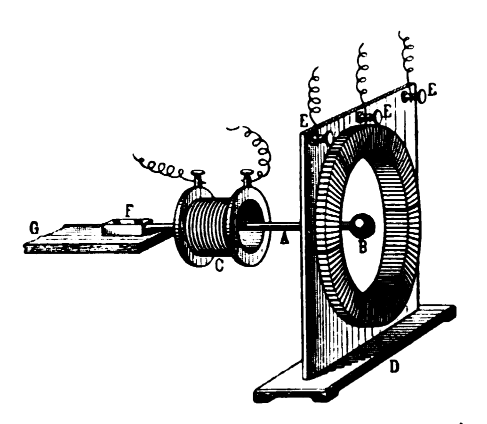


Fig. 1.

eingespannt, das freie Ende trägt eine blank polierte Messingkugel *B*. Dieser Eisenstab kann mittels einer Hilfsspule *C* durch Gleichstrom magnetisiert werden. Das freie Ende des horizontal gerichteten Stabes befindet sich in einem Drehstromfeld, das von einem vertikal stehenden Drehstromring *D* hervorgerufen wird, dessen drei Klemmen (*E E E*) mit einer Drehstrommaschine verbunden sind.

Bringt man nun die Periodenzahl der Wechselströme in Resonanz mit der Eigenschwingung des Eisenstabes und magnetisiert mit der Hilfsspule, so gerät der Magnetstab in lebhafte Schwingungen und folgt den Richtungen des magnetischen Feldes. Schaltet man nur eine Phase des Drehstromes ein, so schwingt der Stab (weithin sichtbar infolge seiner blanken Kugel) in Richtung der einen Komponente des Drehfeldes. Wählt man je eine andere Phase, so erhält man die um 120° verschobenen Komponenten. Beim Einschalten aller drei Phasen folgt der Stab dem Drehfeld und beschreibt einen Kreis. Vertauscht man zwei Wechselströme miteinander, dann ändert sich der Drehungssinn des Feldes, das freie Ende des Stabes beschreibt eine S-Linie und läuft im umgekehrten Sinn.

Mit einem permanenten Magnetstab kann man diese Versuche nicht anstellen, da der Magnet sofort durch die wechselnden Felder entmagnetisiert wird.

Die Resonanz stellt man angenähert durch Dimensionierung des Stabes und Anlegen einer geeigneten Spannung an das Drehstromaggregat (im beschriebenen Falle ein $1^1/_2$ pferdiger Einankerumformer) her. Die feinere Abstimmung der Periodenzahl der Maschine auf die Eigenschwingungen des Eisenstabes geschieht durch Regulierung der Tourenzahl der Maschine, indem man den Strom im Feldmagneten verändert. Hierbei muß man noch auf folgendes achten. Entnimmt man der Drehstrommaschine alle drei Wechselströme (bei der Demonstration des Drehfeldes), so muß mehr Arbeit geleistet werden als vorher bei der Demonstration der Komponenten, die Maschine läuft daher langsamer, die Resonanz ist gestört, und der Stab hört auf zu schwingen. Man muß deshalb in demselben Moment, in dem alle drei Phasen eingeschaltet werden, auch Widerstand in den Magnetkreis der Maschine zuschalten, damit diese nicht aus dem Takt fällt.

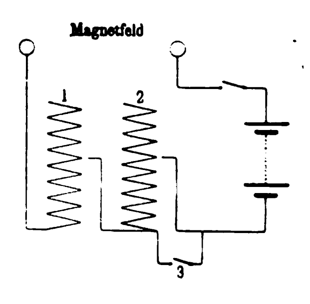


Fig. 2.

Man verfährt also folgendermaßen: Nachdem Stab und Maschinenspannung so gewählt sind, daß die Drehstrommaschine so langsam läuft, daß bei Einschaltung sämtlicher drei Phasen die Periodenzahl der Wechselströme geringer ist als die Eigenschwingung des Stabes, legt man vor das Magnetfeld des Umformers zwei Ruhstratwiderstände *1* und *2* (Fig. 2) von einigen 100 Ohm, von denen der eine (*2*) durch einen parallel geschalteten

Schlüssel *3* leicht kurzgeschlossen werden kann. Man schickt nun eine Phase in den Drehstromring, schließt den einen Widerstand *2* kurz und reguliert mit dem anderen Widerstand *1* die Tourenzahl der Maschine so, daß der Stab in Resonanz gerät. Dann schaltet man die drei Phasen ein und gleichzeitig auch den kurzgeschlossenen Widerstand *2*. Mit diesem reguliert man nun weiter, bis auch hier Resonanz vorhanden ist. Will man nun wieder nur mit einer Phase operieren, so muß man gleichzeitig mit dem Ausschalten der nicht gewünschten Phasen den Widerstand *2* kurzschließen.

Einige Schwierigkeiten bereitet das richtige Einspannen des Stabes. Man erhält nur dann eine wirkliche Kreisbewegung, wenn die Schwingungsmöglichkeit nach keiner Seite bevorzugt ist. Beim Einspannen in einen Schraubstock erhält man stets Ellipsen. Um dies zu verhindern, wurde der Eisenstab *A* (Fig. 1) mitten in einen viereckigen Messingklotz *F* eingelötet, dieser Klotz auf einer schweren Eisenplatte *G* aufgeschraubt und diese erst mit Schraubzwingen am Experimentiertisch befestigt.

Die Wirkung des Versuches wird noch erhöht, wenn man die Kugel von vorn mit konzentriertem Bogenlicht beleuchtet. Die Figuren werden dann von einem hell leuchtenden Punkte beschrieben und sind auch auf große Entfernungen leicht sichtbar.

Einfacher Apparat zur Demonstration der Magnetisierungs- und Hysteresiskurven. Von A. Wehnelt. *(Ber. d. D. Physikal. Ges. 1909, Nr. 5.)* Der Apparat ist im wesentlichen einem bereits 1894 von A. Koepsel konstruierten nachgebildet, aber kleiner und dem Zweck entsprechend einfacher ausgeführt.

Fig. 1 zeigt eine Skizze des Apparates. *F* ist der auf seine magnetischen Eigenschaften zu untersuchende Stab aus Eisen, Stahl oder einem anderen magnetisierbaren Material. Er ist eingespannt in ein bei *O* durch einen schmalen Luftspalt unterbrochenes Joch *J* aus weichem Schmiedeeisen von sehr viel größerem Querschnitt als der des „Prüfstabes“ *F*. K_1 und K_2 sind Schrauben, die *F* im Joch festhalten und für einen genügenden magnetischen Kontakt zwischen *F* und *J* sorgen. Um *F* ist die Magnetisierungsspule *M* gewickelt und derart an *J* befestigt, daß *F* leicht ausgewechselt werden kann.

In dem Luftschlitz *O* des Joches befindet sich eine ganz schwach gespannte Oszillographenschleife aus Bronzeband, auf die ein kleiner kreisrunder Spiegel *S* von 4 mm Durchmesser geklebt ist. Um Platz für den Spiegel zu schaffen, sind die Enden des Joches entsprechend ausgefeilt. Sendet man durch die Oszillographenschleife einen schwachen konstanten Gleichstrom und durch *M* einen von Null an wachsenden Strom, so erfährt der

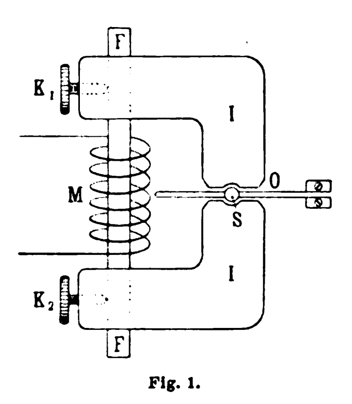


Fig. 1.

Spiegel *S* eine Ablenkung, die (wenigstens angenähert) proportional der Induktion *B* in dem Prüfstab ist.

Die Drehachse des Spiegels *S* stelle man horizontal und lasse einen intensiven Lichtstrahl auf ihn fallen. Den von *S* reflektierten Strahl lasse man auf den Spiegel eines recht nahe aufgestellten Drehspulgalvanometers (mit senkrechter Drehachse) fallen, das, mit passendem Nebenschluß versehen, in den Stromkreis der Magnetisierungsspule mit eingeschaltet ist. Den vom Galvanometerspiegel reflektierten Strahl fange man auf einem einige Meter entfernt aufgestellten Projektionsschirm auf.

Sendet man einen von Null an wachsenden Strom durch die Magnetisierungsspule *M* und das Galvanometer, so wird letzteres Ausschläge in horizontaler Richtung geben, die proportional der Stärke *H* des magnetisierenden Feldes wird. Da aber gleichzeitig der Lichtstrahl durch den Spiegel *S* eine senkrechte Ablenkung erfährt, die proportional der Induktion *B* ist, so erhält man auf dem Projektionsschirm die Magnetisierungskurve des benutzten Stabes.

Unterwirft man den Stab einer zyklischen Magnetisierung, so erhält man auf dem Schirm die Hysteresiskurve des betreffenden Materials. Nimmt man das Licht einer Bogenlampe zur Darstellung der Kurven, so läßt sich leicht eine solche Helligkeit erreichen, daß der Lichtfleck auf der grauen Schiefertafel des Hörsaals deutlich zu erkennen ist. Man kann dann den Weg des Lichtbildes auf

der Tafel mit Kreide gleich nachzeichnen. Die charakteristischen Unterschiede der Hysteresiskurven von Eisen und Stahl kommen sehr gut zum Ausdruck. Die Kurven kann man mit Leichtigkeit in einer Größe darstellen, die für das größte Auditorium ausreicht.

Zur Ausführung der zyklischen Magnetisierung dient folgende Schaltung (Fig. 2).

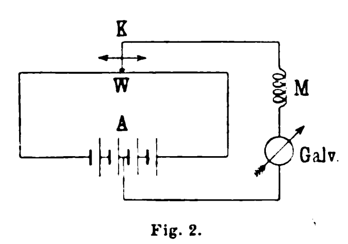


Fig. 2.

Eine Batterie A von vier Akkumulatoren ist durch einen Schieberheostat W von 10 Ω Widerstand geschlossen. Vom Schiebekontakt K aus geht eine Leitung zur Magnetisierungsspule M des Apparates, zum Galvanometer und von da zur Mitte der Batterie A. Steht K gerade in der Mitte von W, so ist die Stromstärke im Kreise M — Galvanometer gleich Null. Verschiebt man K langsam nach links oder rechts, so wird M und das Galvanometer von einem langsam wachsenden Strome in einem oder im entgegengesetzten Sinne durchflossen, wie es zur Ausführung der zyklischen Magnetisierung erforderlich ist.

(Die Ausführung des Apparates hat die Aktiengesellschaft Siemens & Halske, Berlin-Nonnendamm, übernommen.)

Versuche über die Wirkung einer elektrischen Spitze auf eine Kerzenflamme[1]. Von V. Chianini. Es ist hierbei nicht nur die mechanische abstoßende Wirkung des elektrischen Windes, sondern auch die Abstoßung oder Anziehung der elektrischen Spitze auf die elektrisch geladenen Teilchen der Flamme in Betracht zu ziehen. Bei der Flamme einer Kerze oder eines Gasbrenners sind die glühenden Kohleteilchen positiv geladen, so daß an einer positiv geladenen Spitze hierdurch ebenfalls Abstoßung bewirkt wird. Bei einer negativ geladenen Spitze dagegen sind die beiden Wirkungen einander entgegengesetzt; wo die mechanische Wirkung am stärksten ist, findet Abstoßung statt, während gleichzeitig eine Zunge der Flamme sich gegen die Spitze hin biegt. Auch eine negative Spitze kann eine vollständige Abstoßung der Flamme erzeugen, wenn sie gegen den unteren Teil der Flamme gerichtet und etwas nach oben geneigt wird. Ebensolche Wirkungen treten ein, wenn an Stelle der Spitze die Flamme elektrisiert wird.

Zur Demonstration in der Vorlesung eignet sich folgender Versuch: Zwischen zwei mit den Polen einer Elektrisiermaschine verbundene Metallscheiben bringt man eine Stearinkerze, deren Docht mit Kochsalz umgeben ist. Es bilden sich an der Flamme zwei Zungen; die kleinere gelbgefärbte Zunge biegt sich gegen die positive Scheibe, sie enthält die negativ geladenen Natriumteilchen; die andere ist gegen die negative Scheibe gerichtet, weil die Kohleteilchen positiv geladen sind. Ein in einen der Leitungswege eingeschaltetes Galvanometer zeigt den Durchgang eines Stroms, der teils durch die positiven, teils durch die negativen Teilchen übertragen wird.

2. *Forschungen und Ergebnisse.*

Gleichgewichte in Gasen bei hohen Temperaturen[1]. Bringt man reaktionsfähige Gase oder gelöste Stoffe in den der Reaktionsformel entsprechenden Mengen zusammen und leitet die Reaktion ein, so verläuft die Umsetzung theoretisch nicht vollständig, sondern führt zu einem Gleichgewicht zwischen den bei der Reaktion verschwindenden und entstehenden Stoffen. Dieses Gleichgewicht verschiebt sich mit dem Druck und der Temperatur, und zwar in der Richtung, daß mit steigender Temperatur diejenige Reaktion bevorzugt wird, welche Wärme verbraucht, und mit steigendem Druck die Konzentration derjenigen Stoffe wächst, welche das kleinere Volumen einnehmen. Diese beiden Sätze, die man zusammenfassend „das Prinzip des kleinsten Zwanges“ nennt, stellen eine Art von Anpassung eines veränderlichen Komplexes an unbequeme äußere Bedingungen dar.

Das Gesagte sei durch ein gut untersuchtes Beispiel erläutert: Die elektrolytische Dissoziation der Essigsäure in wässeriger Lösung steigt mit steigendem Druck, weil die bei der Dissoziation entstehenden Ionen $H^{\cdot}$ und CH_3COO' ein kleineres Volumen einnehmen als das nicht dissoziierte Molekül

[1]) N. Cim. (5) 16, S. 320—322, 1908. Beibl. d. Phys., Bd. 33, Heft 12, 1909.

[1]) Nach Arbeiten von Nernst und seinen Schülern.

CH_3COOH. Ebenso steigt die Dissoziation auch mit steigender Temperatur (schwach) an, weil bei der Dissoziation des Moleküls in die Ionen (ein wenig) Wärme verbraucht wird. Wie das Gleichgewicht von der Konzentration der in die Reaktionsformel eingehenden Stoffe abhängt, sagt bekanntlich das Massenwirkungsgesetz aus. Ist die Reaktion schematisch $A + B = C + D$ oder korrekter $A + B \rightleftarrows C + D$, so ist

$$\frac{[A][B]}{[C][D]} = \text{konst.},$$

wo die in Klammern stehenden Buchstaben die räumlichen Konzentrationen angeben. Für Essigsäure ist also

$$\frac{[H^\cdot][CH_3COO']}{[CH_3COOH]} = K$$

eine nur vom Druck und von der Temperatur abhängige Konstante, die „Dissoziationskonstante". Die Änderung von K mit der absoluten Temperatur ist durch die Gleichung

$$\frac{d \ln K}{dT} = \frac{-Q}{RT^2}$$

gegeben, wo Q die bei der Dissoziation eines Grammoleküls entwickelte Wärme ist.[2]) Bedeutet V die bei der Umsetzung von einem Grammmolekül eintretende Volumzunahme, so gibt die Formel $\frac{d \ln K}{dp} = \frac{-V}{RT}$ die Abhängigkeit der Gleichgewichtskonstanten vom Druck.

Während die Forscher im Laufe der letzten Jahrzehnte eine Unzahl von Gleichgewichten in Lösungen untersucht haben, waren unsere Kenntnisse von den in Gasen herrschenden Gleichgewichten bis vor kurzem recht spärlich. Ja die Existenz mancher Verbindungen und Gemische schien der Theorie stracks zuwiderzulaufen. Betrachten wir zwei typische Fälle: Bei der Bildung von Wasserdampf aus Knallgas wird eine kolossale Wärmemenge frei und das Gas kontrahiert sich auf $^2/_3$ des ursprünglichen Volumens. Also sollte sich das Gleichgewicht zwischen H_2, O_2 und H_2O bei Druck- und Temperaturänderungen erheblich verschieben: Beim Verringern des Drucks sollte Wasser zerfallen, beim Erniedrigen der Temperatur Knallgas verschwinden. Statt dessen lassen sich bei allen Drucken und allen (bequem erreichbaren) Temperaturen alle beliebigen Gemische der drei Stoffe herstellen und unbegrenzt halten, vorausgesetzt, daß der Sättigungsdruck des Wasserdampfes nicht überschritten wird. — Umgekehrt werden alle Stickoxyde aus den Elementen unter nicht unerheblichem Wärmeverbrauch gebildet. Trotzdem halten sich einige Stickoxyde mit beliebigen Zusätzen von Stickstoff und Sauerstoff in einem großen Temperaturintervall unverändert (vgl. diese Zeitschr. **21**, S. 399).

Erst in den letzten Jahren sind diese scheinbaren Widersprüche mit der Theorie aufgeklärt. Frühere Forscher wie Deville, V. Meyer, Le Chatelier, A. W. v. Hofmann, Bodenstein u. a. m. haben bei höheren Temperaturen qualitative Zersetzungen („thermische Dissoziation") konstatiert und auch die Gleichgewichtsverhältnisse für einige leicht zersetzliche Gase wie HJ und N_2O_4 quantitativ untersucht. Aber die systematische Untersuchung der Gasreaktionen, die bei früher unerreichbaren Temperaturen stattfinden mußte, und die zu den allerschwierigsten Experimentalaufgaben gehört, verdanken wir in erster Linie Nernst und seinen Schülern.

Die Untersuchungen haben wichtige praktische Früchte gezeitigt und unsere theoretischen Kenntnisse in ungeahnter Weise vermehrt und befestigt. Sie scheinen sogar zu einem dritten thermodynamischen Hauptsatz zu führen. Während die Thermodynamik bisher nur die Veränderungen des Gleichgewichtes zu berechnen lehrte, ist Nernst auf dem Wege, die absoluten Zahlen der Gleichgewichtskonstanten aus anderen thermischen Daten abzuleiten.

An einem der wichtigsten Beispiele, der Dissoziation des Wasserdampfes, seien die modernen Arbeitsmethoden — unter möglichster Beiseitelassung aller technischen Einzelheiten — etwas ausführlicher erläutert. Daß Wasserdampf bei Temperaturen über 1000° C spurenweis in die Elemente zerfällt, war lange bekannt, aber über das Ausmaß des Zerfalls fast nichts. Beseitigt man den enormen „chemischen Widerstand", der die Umsetzung des Knallgases zu Wasser dergestalt hemmt, daß ein stabiler Zustand vorgetäuscht wird, leitet

[2]) Um die Gültigkeit des Massenwirkungsgesetzes und den Einfluß der Temperatur auf die Dissoziation von Dämpfen qualitativ zu demonstrieren, können zwei evakuierte Ballons dienen, von denen der eine mit etwas Phosphorpentabromid, der andere mit Penta- + Tribromid beschickt ist. Temperatursteigerung erhöht die (durch das Auftreten der Bromfarbe augenfällige) Dissoziation, weil bei der Dissoziation eine erhebliche Wärmemenge gebunden wird (pro Grammmolekül ca. 18000 cal.); Zusatz von Tribromid drängt unter sonst gleichen Bedingungen die Dissoziation ganz deutlich zurück.

man den Umsatz etwa durch Zubringen von Platinschwarz ein, so verläuft die Reaktion scheinbar vollständig. Erst als es gelang, Temperaturen von 1100—1900° C auf einem kleinen Bereich (im elektrischen Widerstandsofen aus Platin oder Iridium) konstant zu halten und bei ihnen zu messen, klärten sich die Widersprüche auf. Bei so hohen Temperaturen stellt sich das Gleichgewicht zwischen den Gasen sehr schnell ein und ist unter Umständen von beiden Seiten her zu erreichen. Je nachdem empfiehlt es sich, bei der Messung von dem unzersetzten Gase oder von dem vollständig dissoziierten Gemisch auszugehen. Sind beide Messungen möglich, so müssen sie zu denselben Zahlenwerten führen. Beim Wasserdampf stammt die eleganteste und — wenigstens auf dem Papier — einfachste Methode, den Dissoziationsgrad zu messen, von Nernsts Schüler Löwenstein[3]). Platin, Palladium und auch Iridium lassen in glühendem Zustande bekanntlich Wasserstoff hindurch, andere Gase nicht. Man hat also in diesen Metallen „semipermeable Membranen" vor sich, die zwischen 1000 und 2000° C benutzbar sind. Befindet sich eine evakuierte, rotglühende Platinbirne in einem wasserstoffhaltigen Gase, so diffundiert der Wasserstoff in die Birne hinein, bis der Druck gleich dem Partialdruck des Wasserstoffs im Gasraum ist. Die Messung an einem empfindlichen Manometer gibt also — wenn man von Korrektionen absieht — direkt die Konzentration der einen Komponenten und somit die Dissoziation an. Löwenstein und später v. Wartenberg[4]) leiteten einen langsamen Wasserdampfstrom in einen elektrisch geheizten Platin- oder Iridiumofen, in dessen Innerem sich die semipermeable Birne befand; sie war bei Löwenstein aus Platin, bei v. Wartenberg aus Iridium gefertigt. Die Temperatur wurde mit einem Thermoelement oder optisch gemessen. Folgendes sind die Resultate, die mit den von Nernst und v. Wartenberg extrapolierten (s. u.) verglichen werden mögen.

° C	Dissoziation in Prozenten	Nach N. und v. W. extrapoliert	Material der Birne
1432	0,10	0,12	*Pt*
1510	0,18	0,19	*Pt*
1590	0,35	0,32	*Pt*
1695	0,52	0,48	*Pt*
1882	1,18	1,18	*Ir*
1984	1,77	1,79	*Ir*

Löwenstein wendete die Methode auch auf Chlorwasserstoff an (Dissoziation 0,27 °/₀ bei 1537° C). Für Gase, die bei relativ niederen Temperaturen bereits weitgehend dissoziiert sind, wie z. B. Ammoniak, ist die Methode weniger am Platze. Wo bei tieferen Temperaturen eine sehr kleine Dissoziation zu messen ist, muß man auf das kaltwarme Rohr von Deville zurückgreifen, das früher zu qualitativen Untersuchungen diente. Die Devillesche Anordnung war bekanntlich die folgende: In der Achse einer hocherhitzten Röhre befindet sich ein von kaltem Wasser durchströmtes enges Rohr, an dem sich ein kleiner Teil des Gasgemisches so schnell abkühlt, daß ihm keine Zeit zu einer erheblichen Verschiebung des Gleichgewichtes bleibt. Denn mit sinkender Temperatur nimmt die Reaktionsgeschwindigkeit weit rascher ab als der Dissoziationsgrad. Das einer höheren Temperatur entsprechende Gleichgewicht „friert fest", wie der prägnante, allgemein übliche Ausdruck lautet (vgl. diese Zeitschr. **21**, S. 399). Für quantitative Messungen ist aber das Devillesche Rohr zunächst nicht brauchbar, da nur ein Teil der Dissoziationsprodukte das Rohr unverbunden verläßt und die Temperaturverhältnisse zu wenig scharf definiert sind. Nernst hat die Methode theoretisch und praktisch durchgearbeitet, wobei das Rohr seine Gestalt von Grund aus änderte. Es erhielt die Form einer Pipette mit seitlichem Ansatz. In die oberste Öffnung wird das (in einem Porzellanröhrchen steckende) Thermoelement eingeführt, der seitliche Ansatz dient zum Einleiten des Gases; im Bauch der Pipette dissoziiert das Gas und verläßt die Pipette durch ein langes kapillares Rohr, das aus dem Ofen herausragt und leicht gekühlt werden kann. Da die Bohrung kapillar ist, ist dort die Strömungsgeschwindigkeit und das Temperaturgefälle sehr groß, so daß das Gas das kritische Temperaturgebiet, in dem der Dissoziationsgrad rasch zurückgehen kann, sehr schnell durchläuft. Wenn auch alle Fehlerquellen den Dissoziationsgrad zu klein finden lassen, gibt es doch für jedes Gas ein Temperaturgebiet, wo der Apparat, wenn das Gas genügend lange im Dissoziationsraum verweilt, richtige Zahlen liefert. Man hat stets die Kontrolle, ob sich aus den bei zwei Temperaturen gefundenen Dissoziationsgraden nach der oben angeführten Gleichung der richtige Wert für die Reaktionswärme berechnet. Wie sich aus den bei verschiedenen Strömungsgeschwindigkeiten und Gasgemischen gefundenen Werten

---

[3]) Zeitschr. f. phys. Chem. **54**, 715, 1906.
[4]) Zeitschr. f. phys. Chem. **56**, 526, 1906.

das Gleichgewicht und die Reaktionsordnung berechnet, muß aus den Originalarbeiten entnommen werden. Dadurch, daß man dem Wasserdampf wechselnde (kleine) Mengen von elektrolytisch entwickeltem Knallgase beimengt, kann man sich dem Gleichgewichte von vornherein nähern. Nernst und v. Wartenberg[5]) fanden, daß ihr Apparat bei 1100 bis 1200° C die richtigen Werte lieferte (bei 1124° C 0,0078 %, bei 1207° C 0,0189 % Dissoziation), aus denen dann mit Hilfe der bekannten Wärmetönung der Reaktion die für andere Temperaturen geltenden Dissoziationsgrade berechnet wurden. Die obenstehende Tabelle zeigt, daß auch bei wesentlich höheren Temperaturen die Übereinstimmung zwischen den berechneten und den nach einer ganz anderen Methode bestimmten Werten eine glänzende ist. Aus den auf Zimmertemperatur extrapolierten Partialspannungen des Wasserstoffs und Sauerstoffs über Wasser berechnete Nernst den Wert für die elektromotorische Kraft der Knallgaskette (1, 2 3 Volt), der durch neuere Arbeiten so gut wie sichergestellt ist. Er liegt um ca. 0,08 Volt höher als der direkt an Platinelektroden beobachtete Wert, der unsicher ist, weil die „Sauerstoffelektrode“ unscharf definiert ist. Es ist ein überraschend kühnes Unterfangen, aus ganz schwierigen Messungen bei 1000—2000° einen bei Zimmertemperatur relativ leicht zu erhaltenden Wert richtigzustellen!

Daß die Arbeits- und Analysenmethoden von Gas zu Gas verschieden sein müssen, ist selbstverständlich. Das Material der Öfen, die Optimumtemperatur für die Messungen bringen eine Menge von Variationen in den Einzelheiten der Versuchsanordnung mit sich. So wurde bei der Untersuchung der Reaktion $2\,CO_2 \rightleftarrows 2\,CO + O_2$[6]) bald reine, bald durch Funken teilweis zersetzte Kohlensäure in die Porzellanpipette eingeführt und in einem eleganten Absorptionsapparat die unzersetzte Kohlensäure durch Wägung festgestellt, das nicht absorbierte Gasgemenge gemessen und zugleich analysiert. Beim Ammoniak, wo die Reaktionsträgheit des Stickstoffs das Arbeiten bei hohen Temperaturen erfordert, aber bei diesen das Gleichgewicht schon weit zuungunsten des Ammoniaks verschoben ist, wurden die entscheidenden Versuche in einem „Bombenofen“ angestellt[7]). Ein starkwandiges Eisenrohr enthielt den Widerstandsofen, der wie eine Berthelotsche Verbrennungsbombe abgedichtet und isoliert war und 50 bis 70 Atm. aushielt. Der Ofen wurde mit Platinfolie als Katalysator beschickt, damit die Gleichgewichtskonzentration selbst, nicht die von Strömungsgeschwindigkeiten abhängigen scheinbaren Dissoziationsgrade resultierten.

In der Tat waren die erhaltenen Werte bei allen Temperaturen (690—1040° C) von der Strömungsgeschwindigkeit des Stickstoff-Wasserstoffgemisches unabhängig. Wie leicht das Ammoniak zerfällt, oder wie wenig Ammoniak bei diesen nicht einmal besonders hohen Temperaturen neben den Zersetzungsprodukten existenzfähig ist, geht aus den nachfolgenden Zahlen hervor:

° C	% Ammoniak	$\sqrt{\frac{[H_2]^3[N_2]}{[NH_3]^2}}$
685	0,0178	1830
876	0,0055	5900
1000	0,0032	10200

Das Gleichgewicht zwischen Stickstoff, Sauerstoff und Stickoxyd hat der Ref. früher in dieser Zeitschr. (loc. cit.) behandelt. Da die Verbindung unter Wärmeabsorption vor sich geht, steigt die Ausbeute, im Gegensatz zu den bisher besprochenen Reaktionen, mit steigender Temperatur. Nur eine kurze thermochemische Bemerkung über die Bildung von Salpetersäure aus Stickstoff, Sauerstoff und Wasser! Bei jeder Explosion in der Berthelotschen Verbrennungsbombe, die mit dem umgebenden Kalorimeterwasser eine Art kalt-warmer Röhre darstellt, entsteht infolge der hohen lokalen Verbrennungstemperatur und der großen Konzentration der komprimierten Gase etwas Stickoxyd — unter Wärmeabsorption. Das Gas oxydiert sich zu HNO_3, welche sich in dem einpipettierten Wasser löst — unter starker Wärmeentwicklung, so daß die Hydratationswärme die Bildungswärme überkompensiert, und ein auf den ersten Blick thermodynamisch unmöglicher Zeichenwechsel eintritt! Solche Fälle, die zur Vorsicht in der Interpretation von Wärmetönungen mahnen, sind speziell durch Eintreten von Hydratation nicht ganz selten.

Die Hoffnung, bei der Untersuchung der Gleichgewichtsverhältnisse zwischen Wasserstoff, Stickstoff und Ammoniak ein Druck- und Temperaturgebiet zu finden, in dem die Ammoniakbildung aus den Elementen technisch durchführbar ist, hat sich leider nicht erfüllt. Aber für die Aktivierung des Luftstickstoffs durch Sauerstoff haben Nernsts

[5]) Zeitschr. f. phys. Chem. **56**, 53 ff., 1906.

[6]) Nernst und v. Wartenberg, Zeitschr. f. phys. Chem. **56**, 548, 1906.

[7]) Nernst und Jost, Zeitschr. f. Elektrochem. **13**, 521, 1907.

Werte die sichere Grundlage geliefert. Nernst hat aus seinen Werten für die Dissoziation des Wasserdampfes und der Kohlensäure interessante praktische Folgerungen für die Vorgänge in den Gasmotoren gezogen (Monographie. Jul. Springer, 1905). Mit seinen Mitarbeitern hat er versucht, die einfachsten Prozesse in der organischen Chemie, die schon recht komplizierten Gleichgewichte zwischen Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und deren Verbindungen klarzustellen. Auf Einzelheiten kann in diesem kurzen Bericht, der auf Vollständigkeit keinen Anspruch macht und mehr einen Hinweis als eine Übersicht darstellt, nicht eingegangen werden.

Bei gänzlich anders gearteten Experimenten hat man die Einstellung von ähnlichen — weit nach der einen Seite verschobenen — Gleichgewichten zwischen Elementen und ihrer Verbindung wie

$$2\,H_2 + O_2 \rightleftarrows 2\,H_2O, \quad H_2 + Cl_2 \rightleftarrows 2\,HCl,$$
$$2\,CO_2 \rightleftarrows 2\,CO + O_2$$

beobachtet. Ramsay fand bei seinen an Überraschungen so reichen radioaktiven Untersuchungen, daß sich H_2O, HCl, CO_2 unter dem Einfluß von Radiumemanation mehr oder weniger weitgehend zersetzten, und umgekehrt sich aus Knallgas Wasser, aus Chlorknallgas Salzsäure bildete. Daß die Versuche rein qualitativer Natur sind, liegt auf der Hand. Aber interessant ist die Parallele zwischen der hemmungsbeseitigenden Wirkung der hohen Temperaturen und der enormen beim „Explodieren von Atomen“ frei werdenden Energiemengen. *W. Roth-Greifswald.*

Aus der Akustik. Eine neue Versuchsanordnung zur Sichtbarmachung von Funkenschallwellen nach der Schlierenmethode beschreibt M. Toepler[1]). Das Prinzip der Methode ist das gleiche wie es bereits 1867 von A. Toepler angegeben wurde. Dabei folgt dem schallerzeugenden Funken nach kurzer Zeit ein zweiter, der Beleuchtungsfunken; durch eine optische Vorrichtung beobachtet man die von dem ersten erzeugte Explosionswelle. Zur Beleuchtung fand nun M. Toepler einen Gleitfunken auf Halbleiterstäben besonders geeignet. Die von ihm benutzte Anordnung ist in Fig. 1 dargestellt. M ist die Stromquelle (Influenzmaschine), s eine Sicherheitsfunkenstrecke, C_1, C_2 und C_3 sind Leidener Flaschen. Die Gleitfunkenstrecke f wird erzeugt auf einem sehr stark angefeuchteten Stück Schreibkreide, die auf einer Glasplatte liegt. F ist der Schallfunken, L eine Beleuchtungslinse. Um über verschieden große Zeitdifferenzen zwischen beiden Funken verfügen zu können, läßt sich die Primärspannung durch eine besondere Hilfsfunkenstrecke variieren. Als Blende B dient ein Blech mit geradlinigem Rande, bei O ist das Auge oder ein Fernrohr anzubringen. Man sieht bei dieser Anordnung die Schallwellen so deutlich, daß nicht einmal eine Verfinsterung des Beobachtungszimmers erforderlich ist. Wählt man $C_1 = C_2$ größer als vier Leidener Flaschen, so genügt die Beleuchtungsstärke, um mittels einer an Stelle des Fernrohres bei O aufgestellten Linse bequem photographierbare Bilder zu geben. Der Verf. reproduziert mehrere mit je 8 Flaschen hergestellte Bilder, die die Schallwellen in der Tat sehr deutlich erkennen lassen.

Dieselbe Versuchsanordnung gestattet auch Schallwellen elektrischer Oszillationen zu beobachten und zu photographieren. Dazu ist es nur nötig, die Kapazität C_3 unter Hinzufügung einer nicht zu kleinen Selbstinduktionsspule parallel zur Schallfunkenstrecke F zu schalten. Man kann auf solchen Bildern immer scharf unterscheiden: 1. die Hauptwelle, 2. eine ganze Reihe weiterer kleinerer Wellen, 3. das Schlierenbild der heißen Gase des Funkenkanals F. Auf den Photogrammen läßt sich auch die von Mach gefundene Eigentümlichkeit von Funkenschallwellen, übernormale Fortpflanzungsgeschwindigkeiten zu besitzen, verfolgen. Es wurden bei starken Funken Geschwindigkeiten bis zu 462 m/sec festgestellt; die Geschwindigkeiten der schwächsten Wellen kamen der normalen (343 m/sec) nahe.

Für Untersuchungen über Fortpflanzungsgeschwindigkeit, Hörbarkeitsgrenze usw. erweist sich nach E. Dieckmann der Poulson-Lichtbogen als eine sehr brauchbare Schallquelle[2]). Der Verf. konnte hiermit noch Schallwellen von der Schwingungszahl 800000 messend verfolgen. Die Wellenlänge λ_a der kurzen akustischen Wellen des Lichtbogens wurde mit einem Reflexionsgitter, die elektrische Wellenlänge λ_e und damit die akustische Schwingungszahl mit einem in der drahtlosen Telegraphie angewandten Wellenmesser bestimmt; dann ist die akustische Fortpflanzungsgeschwindigkeit $c_a = (c_e \cdot \lambda_a) / \lambda_e$. Während Poulson seinen Lichtbogen in einer

[1]) Ann. der Physik **27**, 1043 (1908).

[2]) Ann. d. Physik **27**, 1066 (1908).



Wasserstoffatmosphäre brennen ließ, benutzte der Verf. Leuchtgas. Die Schallgeschwindigkeit im Leuchtgas erwies sich als konstant bis zu Schwingungszahlen von 800000. bis zur kleinsten in Leuchtgas bzw. Luft gemessenen Wellenlänge von 0,59 bzw. 0,43 mm. Das Verhältnis der Fortpflanzungsgeschwindigkeit in Leuchtgas zu der in Luft war 70,1 : 51; nimmt man für c_a in Luft 331 m/sec, so ergibt es sich in Leuchtgas gleich 455 m/sec. Aus der nach der Gittermethode gemessenen akustischen Wellenlänge kann man, wenn die als konstant anzusehende Schallgeschwindigkeit bekannt ist, die Länge elektrischer Wellen bestimmen. *Schk.*

Aus der Wärmelehre. Zur Theorie des Gewächshauses. Von R. W. Wood[1]). Die Auffassung, daß ein mit Glas gedeckter Raum wie eine Strahlenfalle wirke, indem die von der Sonne ausgestrahlten kürzeren Wellen Wände und Boden erwärmen, dagegen die von diesen kommenden längeren Wellen das Glas nicht zu durchdringen vermögen und darum die Temperatur des Gewächshauses erhöhen, ist dem Verf. schon lange als nicht genügend begründet erschienen. Er war vielmehr der Meinung, daß auch ein Gewächshaus, das mit einem für alle Wellen durchlässigen Schirm bedeckt ist, dieselbe Temperatur zeigen würde wie ein mit Glas bedecktes. Der durchlässige Schirm erlaubt den Sonnenstrahlen, den Boden zu erwärmen, der Boden wieder erwärmt die Luft, aber nur die in dem geschlossenen Raum enthaltene begrenzte Menge. Im Freien dagegen wird der Boden durch Strömungen fortwährend mit kalter Luft in Berührung gebracht und kühlt sich daher ab. Um die Sache zu entscheiden, nahm Wood zwei Kästen aus mattem schwarzen Karton und bedeckte den einen mit einer Glasplatte, den andern mit einer Steinsalzplatte von gleicher Dicke. In jedem Kasten befand sich die Kugel eines Thermometers, mit Ausnahme der durchsichtigen Platten waren sie mit Watte eingehüllt. In der Sonne stieg die Temperatur allmählich bis auf 65° C, in dem mit Salz bedeckten Kasten etwas höher als in dem andern, da das Salz auch die längeren Wellen durchließ. Um diesen Fehler zu eliminieren, wurden die Sonnenstrahlen zuerst durch eine Glasplatte geschickt. Nun war kaum ein Temperaturunterschied in beiden Kästen zu bemerken; die höchste Temperatur betrug jetzt 55°. Da die von einem Körper von 55° kommende Strahlung von Glas völlig absorbiert, von Steinsalz durchgelassen wird, so kann der Wärmeverlust des Bodens durch Strahlung nur klein sein im Vergleich mit dem Verlust durch Strömung, der eben in dem geschlossenen Raume fortfällt. Wood schließt aus seinem Versuche, daß auch die für die Temperatur der Atmosphäre eines Planeten aus ihrer ungleichen Durchlässigkeit für Strahlen verschiedener Wellenlänge gewöhnlich gezogenen Folgerungen nicht aufrecht zu erhalten sind.

Im Anschluß hieran teilt C. G. Abbot, Direktor des astrophysikalischen Observatoriums in Washington, mit, daß man innerhalb eines „Warmkastens" eine viel höhere Temperatur als 55° erzielen könne, wenn man den durch Strömung an der äußern Fläche des Deckels entstehenden Wärmeverlust möglichst verringert[2]). So erhielt er innerhalb eines runden hölzernen Kastens von 50 cm Durchmesser und 10 cm Tiefe, der in Federn gehüllt und mit drei übereinander liegenden voneinander getrennten Glasplatten bedeckt war, bei senkrechtem Einfall der Sonnenstrahlen eine Temperatur von 118° C, während sie außen nur 16° betrug. Eine Rechnung, die Abbot auf Grund verschiedener numerischer Annahmen über die Woodschen Versuche anstellt, führt zu dem Ergebnis, daß Deckel von Salz und Glas bei einem „Warmkasten" tatsächlich keinen sehr großen Unterschied hervorrufen. Dagegen liege die Sache bei der Erde anders; hier bilde die Atmosphäre mit ihrem Wasserdampf eine die Wärme erheblich zurückhaltende Schicht, deren Wirkung der Verf. auf ca. 31° C berechnet. *Schk.*

Erzeugung von Linienspektren. Von E. Goldstein[1]). Das Verfahren beruht auf folgender Erscheinung. Wenn man in eine (zylindrische) Entladungsröhre gepulverte Salze einbringt, so daß die Salzsäule über den am unteren Ende des Rohres befindlichen Anodendraht hinausreicht, so verläuft die Entladung eines Induktoriums als heller dünner Faden (oder als Büschel) an der Glaswand zwischen ihr und der Salzschicht. Gleichzeitig verdampft das Salz, wobei das betreffende Metallspektrum gebildet wird. Man läßt die Salzschicht am besten $^3/_4$ bis $1^1/_2$ cm

---

[1]) Phil. Mag. **17**, 319 (1909).

[2]) Phil. Mag. **18**, 32 (1909).

[1]) Ann. der Physik **27**, 773 (1908).

über die Spitze der Anode hinausreichen und evakuiert bis $^1/_{10}$ mm und darüber. Bei Benutzung von *NaCl* erhält man nicht nur die *D*-Linien, sondern auch alle von Kayser und Runge beobachteten Bogenlinien des Natriums. Auch Lithium-, Rubidium- und Cäsiumsalze geben überaus zahlreiche Linien.

Schaltet man parallel zur Röhre noch eine Leidener Flasche mit variabler äußerer Funkenstrecke, so erhält man mit *NaCl* statt des Natrium- das Chlorspektrum, das bei hinreichend verlängerter Funkenstrecke an Linien reicher ist als die nach andern Methoden hergestellten Spektra dieses Elements. Durch Verwendung von Alkalibromid oder -jodid kann man ebenso die vollständigen Spektra von Brom und Jod gewinnen. Das reine Spektrum des Schwefels erhält man, wenn man als Füllsalz Schwefelcalcium oder Kaliumsulfat benutzt, die Spektra von Selen und Tellur mit selen- bzw. tellursaurem Natrium, das Phosphorspektrum mit Natrium- oder Strontiumphosphat, die Spektra von Arsen und Antimon mit Natriumarseniat bzw. -antimoniat, das Siliciumspektrum mit Kieselfluornatrium.

Als Entladungsröhren dienten Röhren von etwa 3 mm Weite; doch kann man auch erheblich engere (bis zu 2 mm Weite) benutzen. Benutzt man die Haloidsalze von *Ca*, *Sr* und *Ba*, so erhält man bei Einschaltung der Flasche mit den weiten Röhren die Halogenspektra, mit sehr engen Röhren (bis $^1/_2$ mm) die Linienspektra von *Ba*, *Sr* und *Ca*. *Schk.*

Kanalstrahlen. Die als Kanalstrahlen bekannten positiven Strahlen unterscheiden sich dadurch wesentlich von den negativen Kathodenstrahlen, daß sie in einem Magnetfelde nicht gleichmäßig abgelenkt werden. Es treten vielmehr alle Ablenkungen von der geraden Richtung stetig bis zu einem größten Betrage auf. Um die Ursache dieser Erscheinung zu erforschen, ließ W. Wien die aus der Öffnung einer Eisenkathode kommenden Kanalstrahlen nacheinander zwei Magnetfelder passieren[1]). Durch das erste Feld wurde dann ein Teil der Strahlen abgelenkt, der andere nicht abgelenkte Teil trat in das zweite Feld. Da zeigte sich nun, daß dieser Teil jetzt wieder ebenso stark ablenkbare Strahlen enthielt, die also durch das erste Feld gar nicht beeinflußt waren; mithin mußten sich auf dem weiteren Wege neue positive Teilchen gebildet haben. Die ungleichmäßige magnetische Ablenkung der Kanalstrahlen rührt dann daher, daß die positiven Ionen verschieden lange im geladenen Zustand bleiben und immer wieder aufs neue sich laden und entladen. Das ganze dürfte als ein Dissoziationsprozeß zwischen Atomen und Elektronen aufzufassen sein. Dabei bildet sich ein Gleichgewichtszustand aus, der sich, wenn gestört, von selbst wieder erneuert. Im hohen Vakuum zeigt sich bei Luft eine wesentliche Herabminderung der magnetischen Beeinflußbarkeit der Kanalstrahlen, ohne daß sonst die Verhältnisse geändert erscheinen.

Eine photometrische Untersuchung der Lichtemission der Kanalstrahlen im Magnetfelde ergab, daß das Bündel in seiner Lichtemission in größerer Entfernung von der Eisenkathode immer mehr vom Magneten beeinflußt wurde. Daraus folgt, daß die weniger ablenkbaren Kanalstrahlen die eigentlichen Träger der Lichtemission sind; dieses sind entweder die neutralen oder die nur kurze Zeit geladenen. Erst in größerer Entfernung hinter dem Magnetfelde nimmt die Lichtemission in derselben Weise durch die Wirkung des Magnetfeldes ab wie die transportierte Elektrizitätsmenge. Die Strecke, die das Kanalstrahlenbündel hinter dem magnetischen Felde zurücklegen muß, bis die Schwächung des Stromes der des ausgesandten Lichtes entspricht, nimmt mit der Entladungsspannung zu. *Schk.*

[1]) Ann. der Physik **27**, 1025 (1908).

Absorption und Dispersion des leuchtenden Wasserstoffs. In einem mit Wasserstoff gefüllten Geißlerrohr konnte R. Ladenburg selektive Absorption qualitativ durch Absorptionslinien nachweisen und quantitativ messen[1]). Als Lichtquelle diente eine enge Kapillare von wenigen cm Länge, die, mit Wasserstoff von $^1/_2$ bis $^3/_4$ Atmosphären Druck gefüllt, ein ganz kontinuierliches Spektrum liefert, in dem die Wasserstofflinien nur noch als starke, aber ganz breite Maxima der Intensität erkennbar waren. Das Absorptionsrohr war eine etwa gleich lange weitere Röhre von 5 bis 10 mm Durchmesser, in der der Druck zwischen 0,01 und 80 mm Quecksilber variiert werden konnte. Die Röhren wurden hintereinander mit paralleler Leidener Flasche in den Sekundärkreis eines Induktoriums geschaltet. Wurde dann das Bild des Kapillarendes durch das Absorptionsrohr hindurch auf den Spalt eines Spektralapparates kon-

[1]) Verh. d. Deutschen Phys. Ges. 1908, S. 550.



zentriert, so erschienen bei genügender Dispersion in dem kontinuierlichen Spektrum die rote und etwas weniger deutlich auch die blaugrüne Wasserstofflinie als breite, dunkle Absorptionslinien, die mit abnehmendem Druck schmäler wurden und von etwa 0,05 mm ab als feine Linien sich darstellten. Die selektive Absorption des Wasserstoffs folgt dem gewöhnlichen Absorptionsgesetz des Lichts und in gewissen Grenzen auch dem Beerschen Gesetz. Der Extinktionsindex ist von den Stromverhältnissen abhängig und war bei dem benutzten Induktorium und bei 5 cm Wasserstoffdruck von der Größenordnung 10^{-5}.

In Analogie zu den Erscheinungen einer Natriumflamme mußte man erwarten, daß in unmittelbarer Nähe dieser Absorptionslinien die Dispersion des leuchtenden Wasserstoffs von der des nichtleuchtenden abweicht und einen anomalen Verlauf nimmt. Diese Folgerung wurde von R. Ladenburg und S. Loria geprüft und bestätigt gefunden[2]). Zur Untersuchung diente ein Jaminscher Interferentialrefraktor, mit dem man in einem kontinuierlichen Spektrum Interferenzstreifen erhält, die direkt den Verlauf des Brechungsexponenten mit der Wellenlänge anzeigen und auf geringe diskontinuierliche Änderungen desselben sehr empfindlich reagieren. Die Verff. erhielten dann bei Untersuchung des Wasserstoffabsorptionsspektrums zu beiden Seiten der roten Wasserstofflinie eine plötzliche Verzerrung der Interferenzstreifen, und zwar waren sie auf der violetten und roten Seite nach entgegengesetzten Richtungen abgebogen. Quantitative Messungen an der Dispersionskurve gaben Übereinstimmung mit der Theorie. Die Beobachtung war am günstigsten bei einem Druck von 4 mm innerhalb der Röhre. An der blaugrünen Wasserstofflinie konnte eine anomale Dispersion mit Sicherheit nicht nachgewiesen werden.

Schk.

Die physikalischen Eigenschaften des Selens sind in den letzten Jahren Gegenstand sehr eingehender Untersuchungen gewesen. Chr. Ries[1]) hat nach den verschiedenartigsten Methoden Selenzellen konstruiert. Er findet es am besten, die Selenschicht in amorphem Zustande herzustellen, dann zur Ausbildung des kristallinischen Zustandes langsam auf 195° zu erhitzen und etwa ½ Stunde auf dieser Temperatur zu erhalten, darauf so schnell als möglich abzukühlen. So hergestellte Zellen sind wenig hygroskopisch und zeigen das normale Verhalten, langsam gekühlte dagegen sind hygroskopisch und verhalten sich nur dann normal, wenn sie durch geeigneten Einschluß gehindert werden, Feuchtigkeit aufzunehmen. Falls man die Einschlußhülle evakuiert, muß man sich nach Mitteilungen von Minchin und Moss[2]) vor Quecksilberdämpfen hüten, denn sie werden allmählich vom Selen aufgenommen und beseitigen unter starker Verminderung des Widerstandes die Lichtempfindlichkeit des Selens.

Joel Stebbins[3]) hat vier Zellen aus zwei Werkstätten auf Lichtempfindlichkeit für verschiedene Farben geprüft. Aus den mitgeteilten Kurven sieht man, daß sie sich etwa so verschieden verhalten wie gewöhnliche und farbenempfindliche photographische Platten. A. H. Pfund[4]), der an Stebbins Versuchen bemängelt, daß bei den verschiedenen Farben die Angaben nicht auf gleiche Energiewerte bezogen sind, teilt mit, daß er mit leidlichem Erfolg begonnen hat, für geeignete Selenzellen Lichtfilter zusammenzusetzen, die die Farbenempfindlichkeit der Zelle genau auf die des Auges abstimmen.

G. Athanasiadis[5]) arbeitet mit drei Selenzellen bei weißem, rotem und blauem Licht. Er findet zwischen Beleuchtungsstärke i und Leitvermögen k den Zusammenhang $i = k(k - a)\, b$, worin a und b zwei für jede Zelle und jede Farbe besondere Konstanten sind. Durch Bestrahlung einer Zelle mit Röntgenstrahlen aus verschiedenem Abstand findet er dieselbe Beziehung. Er bedient sich daher einer Selenzelle, um die Intensität der Strahlen einer Röntgenröhre an einer Glühlampe zu messen.

M. Sperling[6]) teilt in einer sehr eingehenden Abhandlung seine Messungen mit dem Saitengalvanometer mit, das vor allen anderen Instrumenten für diesen Zweck besondere Vorteile voraus hat. Mehrere Selenzellen wurden untersucht, teils bei langsam gesteigerter Helligkeit, teils bei einer bestimmten Helligkeit, die plötzlich beginnend und plötzlich aufhörend nur eine gewisse Zeit hindurch wirkt. Diese letztere Art des

[2]) Verh. d. Deutschen Phys. Ges. 1908, S. 858. Phys. Zeitschr. 1908, S. 875.

[1]) Phys. Zeitschr. **9**, 164, 569 (1908).

[2]) Nature **77**, 173, 198, 222 (1907).

[3]) Astroph. Journ. **27**, 183 (1908).

[4]) Astroph. Journ. **28**, 83 (1908).

[5]) Ann. d. Phys. (4) **25**, 92; **27**, 890 (1908).

[6]) Ber. d. Oberh. Ges. f. Nat.- u. Heilk. zu Gießen. Neue Folge. Natw. Abt. **2**, 73 (1908).

Versuches wurde außerdem noch bei verschiedenen Temperaturen zwischen — 20° und 200° durchgeführt. Stets wurde ein Teil des Spektrums durch Lichtfilter ausgesondert und seine Helligkeit teils durch Messung, teils durch Rechnung bestimmt. Die Beobachtungen geschahen photographisch mit einer Trommel, deren Umdrehungszeit in weiten Grenzen geändert werden konnte. Zellen, bei denen das Selen zwischen durchsichtig platinierten Gläsern liegt, bei denen das Licht also in der Stromrichtung einfällt, stehen hinter solchen, bei denen das Selen nebeneinander liegende Drähte überbrückt, um so mehr zurück, je dicker sie sind, was sich aus der Absorption ja verstehen läßt.

Wurde die Steigerung und Wiederschwächung des Lichtes in kurzer Zeit (weniger als einer Minute) durchgeführt, so entsprach gleicher Helligkeit bei abnehmendem Licht eine geringere Leitfähigkeit als bei zunehmendem Licht. Bei zehnfach größerer Dauer des Versuches war es umgekehrt. Bei den Belichtungen mit plötzlich einsetzender und dann gleichbleibender Helligkeit wurde eine sehr interessante Erscheinung gefunden. Die Leitfähigkeit schoß zunächst über den endgültigen Wert hinaus und ging dann etwas langsamer wieder auf ihn zurück. Die Erklärung dafür findet Sperling in der verschieden starken Lichtabsorption der nichtleitenden und der leitenden Selenmodifikation. Das nichtleitende absorbiert weniger und läßt das Licht in größere Tiefe eindringen; indem es nun aber durch das Licht leitend gemacht wird, verwehrt es gleich darauf dem Licht wieder das Eindringen in tiefere Schichten. Sperling bezeichnet die Erscheinung demgemäß als Schatteneffekt.

Mit steigender Temperatnr nehmen ab: die Empfindlichkeit der Zelle, die Zeitdauer bis zur Erreichung des Endwertes der Leitfähigkeit und der Schatteneffekt. Eine Zusammenstellung der Resultate zeigte, daß alle Zellen sich zwischen zwei Grenztypen einordnen ließen, deren eine, aus flüssigem Selen abgeschreckt, hohen Widerstand und verhältnismäßig geringen Unterschied der Wirksamkeit der verschiedenen Farben besitzt, während die andere, durch Abkühlen metallischen Selens erzeugte, geringen Widerstand und starke Abhängigkeit von der Farbe entsprechend dem Absorptionskoeffizienten des in ihr vorwiegenden metallischen Selens aufweist.

Dem Selen an die Seite tritt hinsichtlich der Lichtempfindlichkeit nach einer Mitteilung von F. M. Jaeger[7]) der Antimonit (natürlicher Grauspießglanz aus Japan, rhombisch, gut spaltbar). Sein Widerstand wird durch Bestrahlung mit rotem und blauem Licht stark herabgesetzt, während grünes sowie unsichtbares von beiden Seiten des Spektrums unwirksam ist. Nach Aufhören der Bestrahlung verschwindet die Wirkung schneller als bei Selen. *W. Vn.*

[7]) Proc. Amsterdam **9**, 809; Zeitschr. f. Krist. **44**, 45 (1907).

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Ziel und Struktur der physikalischen Theorien. Diesen Gegenstand behandelt Pierre Duhem in einem umfangreichen Buche[1]), dem tiefgehende historische Studien sowie langjährige Unterrichtserfahrungen — der Verfasser ist Professor der theoretischen Physik an der Universität Bordeaux — zugrunde liegen. Besondere Bedeutung für uns gewinnt das Buch dadurch, daß ihm an verschiedenen Stellen Anwendungen auf die Gestaltung des physikalischen Unterrichts eingefügt sind.

Der Verfasser ist mit Ernst Mach der Ansicht, daß eine physikalische Theorie nicht die Erklärung einer Gruppe experimentell festgestellter Gesetze zum Ziel habe; denn eine solche Erklärung bedeute stets die Berufung auf metaphysische Prinzipien, die von der Physik fernzuhalten seien. Er erklärt vielmehr: „Eine physikalische Theorie ist keine Erklärung; sie ist ein System mathematischer Lehrsätze, die aus einer kleinen Zahl von Prinzipien abgeleitet werden und den Zweck haben, eine zusammengehörige Gruppe experimenteller Gesetze ebenso einfach wie vollständig und genau darzustellen." Man sieht, daß sich diese Auffassung im wesentlichen mit der Kirchhoffschen Auffassung der Mechanik deckt. Die Übereinstimmung mit der Erfahrung ist hiernach das einzige Kriterium der Wahrheit für eine physikalische Theorie. An einer physikalischen Theorie sind folgende vier fundamentale Operationen zu unterscheiden: die Definition

[1]) Autorisierte Übersetzung von Dr. Friedrich Adler. Mit einem Vorwort von Ernst Mach. Leipzig, Joh. Ambr. Barth, 1908. 367 S. M 8,—; geb. M 9,—.

und das Maß der physikalischen Größen; die Wahl der Hypothesen (d. i. Prinzipien); die mathematische Entwicklung der Theorie; die Vergleichung der Theorie mit dem Experiment. Über jede dieser Operationen bringt die Schrift ausführliche und zumeist höchst aufklärende Darlegungen. Auch befriedigt den Verfasser nicht das ästhetische Gefühl, das eine vollkommene Theorie in uns hervorruft; vielmehr erkennt er an, daß die logische Ordnung der Theorie einer ontologischen Ordnung entsprechen und ein Abbild tiefer und wirklicher Beziehungen zwischen den Dingen selbst geben müsse; in diesem Punkte geht er über den Machschen Wissenschaftsbegriff hinaus. Dahingegen sind ihm die physikalischen Begriffe selbst keineswegs Abbilder der Dinge, sondern nur Symbole; sie werden daher auch nicht etwa aus der Erfahrung abgeleitet, sondern von dem Verstande erzeugt. Hiermit wieder hängt die Rolle zusammen, die der Verfasser dem Experiment zuweist; es steht nicht am Anfang der physikalischen Theorie, sondern am Ende, insofern es dazu dient, die Theorie als eine richtige, den wahren Beziehungen der Dinge zueinander entsprechende zu erweisen. Es ist nach ihm unmöglich, eine einzelne Hypothese durch ein Experiment zu bestätigen oder zu widerlegen oder gar ein Experimentum crucis zur Entscheidung zwischen zwei Hypothesen zu verwenden; nur das gesamte System physikalischer Theorien erfährt durch ein Experiment eine Bestätigung oder eine Widerlegung. Als das Wesentliche an einem Experiment erscheint dem Verfasser nicht einfach die Beobachtung einer Erscheinung, sondern die theoretische Interpretation derselben (z. B. bei einer Widerstandsmessung nicht der Ausschlag des Lichtzeigers, sondern der gesamte durch theoretische Begriffe vermittelte Zusammenhang der Versuchsanordnung); das Resultat eines physikalischen Experiments sei daher ein abstraktes und symbolisches Urteil.

Diese Auffassung vom Experiment bestimmt auch den Standpunkt, den der Verfasser bezüglich des physikalischen Unterrichts einnimmt. Die induktive Methode, deren Gebrauch man dem Physiker empfehle, sei für ihn unanwendbar. „Der physikalische Unterricht nach der rein induktiven Methode, wie sie Newton formuliert hat, ist eine Chimäre.“ „Unter den Mängeln, die eine derartige Darstellung kennzeichnen, ist der häufigste und gleichzeitig wegen der falschen Ideen, die er in den Verstand der Schüler einpflanzt, auch der schwerste, das fingierte Experiment. Der Physiker, der genötigt ist, sich auf ein Prinzip zu berufen, das in Wirklichkeit keineswegs aus den Tatsachen abgeleitet wurde, das keineswegs durch Induktion entstand, und dem es dabei widerstrebt, dieses Prinzip für das auszugeben, was es ist, d. h. für ein Postulat, ersinnt ein Experiment, das, wenn es ausgeführt und gelungen wäre, zu dem Prinzip führen könnte, dessen Berechtigung dargetan werden soll. Die Berufung auf ein derartiges fingiertes Experiment bedeutet, daß ein auszuführendes Experiment an Stelle eines ausgeführten gesetzt wird. Ein Experiment solcher Art ist das von Ampère erdachte, das er aber nicht ausgeführt hat, um zu beweisen, daß die elektrodynamischen Wirkungen umgekehrt proportional dem Quadrat der Entfernungen vor sich gehen. Noch schlimmer sei das unrealisierbare oder absurde Experiment; dasselbe wolle einen Lehrsatz beweisen, der, wenn er als Ausdruck einer experimentellen Tatsache angesehen werden solle, einen Widerspruch enthalte. So finde sich in einem Werk von Bertrand der Satz, es sei als experimentelle Tatsache anzunehmen, daß sich die Elektrizität an der Oberfläche der Körper befinde; dies aber sei experimentell unrealisierbar, denn man könne wohl nachweisen, daß ein Punkt an der Wand einer Höhlung unelektrisch sei, aber nicht das Gleiche für einen Punkt im Innern einer leitenden Masse. Der Lehrer solle auf eine solche pseudo-induktive Methode verzichten, vielmehr in erster Reihe die wesentlichsten Theorien der Wissenschaft entwickeln, er solle die Prinzipien (Hypothesen) darstellen, auf denen diese Theorien ruhen, und dabei auch auf die Erfahrungen des alltäglichen Lebens, auf die durch gewöhnliche Beobachtung erhaltenen Tatsachen, auf die einfachen oder noch wenig analysierten Elemente, die zur Formulierung dieser Hypothese geführt haben, hinweisen. Aber er müsse ganz ausdrücklich betonen, daß diese Tatsachen, die genügen, um zur Aufstellung der Hypothese anzuregen, nicht genügen, um sie zu bestätigen. Erst nachdem er einen großen Teil seines Lehrgebäudes aufgebaut, nachdem er eine vollständige Theorie ausgebildet habe, könne er die Konsequenzen dieser Theorie mit dem Experiment vergleichen. Die experimentellen Bestätigungen seien nicht die Basis der Theorie, sondern deren Krönung; erst die Gesamtheit der Theoreme gebe ein immer ähnlicheres Bild der Gesamtheit der experimentellen Tatsachen. Dem Schüler, der diese Wahrheit

nicht erkannt habe, werde die Physik als ein monströser Wortschwall erscheinen, der nichts anderes als eine petitio principii auf die andere und einen circulus vitiosus auf den andern häuft. Wenn sein Verstand sehr streng sei, werde er mit Abscheu die fortwährenden Verstöße gegen die Logik zurückweisen; wenn sein Verstand minder streng sei, werde er diese Worte mit ungenauem Sinn, diese Beschreibungen unrealisierter und unrealisierbarer Experimente, diese Überlegungen, die nur Taschenspielerkünste sind, auswendig lernen und bei dieser unvernünftigen Gedächtnisarbeit das Wenige, was er an gesundem Sinn und kritischem Denken besaß, verlieren.

Andrerseits aber ist die physikalische Methode auch völlig von der mathematischen Methode verschieden; es ist ein unausführbares Unterfangen, die Physik ähnlich der Geometrie als ein System auf der Grundlage allgemein anerkannter Axiome aufbauen zu wollen; denn die angeblichen Axiome wurden eben den Gesetzen entnommen, die man aus ihnen ableiten will. Der physikalische Fortschritt besteht in einem beständigen Durcheinander von logischen Ableitungen und empirischen Feststellungen. Der Unterricht wird daher am besten tun, wenn er sich der historischen Methode bedient und die Einführung jedes grundlegenden Prinzips durch eine gedrängte, aber getreue Darstellung der Schicksale, die seiner Einführung in die Wissenschaft vorangegangen waren, vorbereitet. „Man zeichne die Umbildungen, die bei der Aufstellung der theoretischen Form durch das Anwachsen des empirischen Materials bedingt waren, man beschreibe die lange gemeinsame Arbeit, in der der gewöhnliche Verstand und die deduktive Logik dieses Material analysiert und diese Form gemeißelt haben, bis sie sich genau aneinander paßten." „Die Darlegung der Geschichte eines physikalischen Prinzips bedeutet gleichzeitig die logische Analyse desselben. Die Kritik der intellektuellen Methode, die die Physik verwendet, verbindet sich in unlöslicher Weise mit der Darlegung der stufenweisen Entwicklung, durch die die Deduktion die Theorie vervollkommnet, und gibt dadurch ein immer genaueres, immer geordneteres Bild der Gesetze, die die Beobachtung aufzeigt."

Ein sehr ausführliches Beispiel für eine solche historische Darstellung liefert der Verfasser selbst durch eine eingehende Darlegung des Entwicklungsganges der Gravitationslehre (S. 296—342). Nicht minder bedeutsam ist, was an einer andern Stelle (S. 67—138) über den Unterschied zwischen der vorwiegend analysierenden Methode der Franzosen und der vorwiegend beschreibenden Methode der Engländer auseinandergesetzt wird, wobei namentlich der Gegensatz zwischen abstrakten Theorien und mechanischen Modellen zur Erörterung kommt. *P.*

Zur antiken Physik. Arthur Erich Haas behandelt: Ästhetische und teleologische Gesichtspunkte in der antiken Physik[1]. Der Verf. stellt die ästhetischen, teleologischen und animistischen Gesichtspunkte zusammen, von denen aus antike Philosophen ihr Weltbild spekulativ aufbauten, sobald die Mittel der Empirie versagten. Er spricht von der Teilung der Welt in Himmel und Erde, von der Verwendung der Zahlen 2, 3, 5 und 10, von der Übertragung der griechischen Musik auf die Planetentheorie, von den sog. Euklidischen Körpern und von der Kreisbewegung. Der Verf. hat damit ein interessantes und für das Verständnis der Entwicklung unseres Weltbildes wichtiges Thema erfaßt. Er gibt das Material vollständig, aber nur sehr andeutungsweise. Da er die naturphilosophischen Hilfsmittel nebeneinander ordnet, erscheinen sie ohne innere Verbindung. Wer diese Spekulationen nicht aus eigenem Studium kennt, wird sie leicht als antiquarische Kuriositäten beiseite schieben. Der Verf. sagt zwar, daß man es mit einer Vermischung von philosophischer Spekulation und empirischen Elementen zu tun habe, aber er leistet nichts Ausreichendes, um die Verknüpfung verständlich zu machen. So nehmen sich die tiefen Gedanken der Alten hier zumeist recht verwunderlich aus. Das Beste gibt der Verf. bei Gelegenheit der Kreisbewegung. Sonst nähert er die Begriffe „ästhetisch, teleologisch, animistisch" einander bis zur Vermischung. Die Literatur bleibt so gut wie unbeachtet. Überflüssig ist größtenteils der Ballast der Belegstellen; es erscheint namentlich merkwürdig, wenn Belegstellen dafür angeführt werden, daß Plato und Aristoteles die Welt im teleologischen Gesichtspunkt ansahen, noch dazu in einer philosophischen Fachzeitschrift. Auch im einzelnen ließen sich mannigfache Bedenken geltend machen.

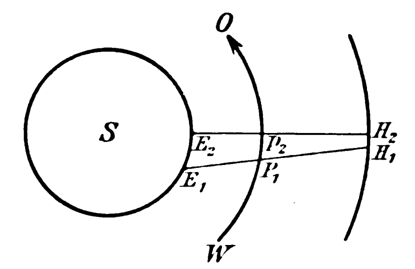
In einem zweiten Aufsatz handelt derselbe Verfasser über: Die Grundlagen der antiken

[1]) Archiv f. Gesch. d. Philos. XXII, 1908, Heft 1.

Dynamik[2]). Der Verf. berichtet über die Vorstellungen der Alten vom Wesen der Bewegung, von der Schwere und dem freien Fall, von der Kraft, vom Stoß und der Reibung und versucht die antike Dynamik mit den modernen Prinzipien zu verknüpfen. Haas wählt sich mit großem Geschick geschichtliche Fragen, die von grundlegender Bedeutung für die Entwicklung des physikalischen Denkens, ja unserer Geistesentwicklung überhaupt sind. Er verfügt ferner über eine bedeutende Belesenheit. Dennoch wird aus seiner Arbeit nur schwer ein rechter Gewinn gezogen werden können. Die Ergebnisse seiner Studien stellt der Verf. mehr äußerlich nebeneinander, als daß er Zusammenhänge und Entwicklungsreihen aufdeckte. Es würde weit mehr Nutzen gestiftet werden, wenn etwa nach dem Vorbilde von Wohlwills mustergültiger Arbeit über das Beharrungsgesetz ein einziger Gesichtspunkt in seiner geschichtlichen Evolution klargestellt und so ein zusammenhängendes Nacheinander gewonnen würde, als daß in nur äußerlich geordnetem Nebeneinander eine Fülle von Bemerkungen ohne ausreichende innere Verbindung dargeboten wird. In eine Debatte über die zahlreichen Einzelfragen einzutreten, ist hier nicht angängig. *Ernst Goldbeck.*

4. Unterricht und Methode.

Zur Darstellung der recht- und der rückläufigen Bewegung der Planeten. Von Th. Arldt. (*Das Weltall, herausgegeb. von* F. S. Archenhold, *Jahrg. 9, Heft 17 (Juni 1909).*) Gegen die übliche Erklärung der Rückläufigkeit durch eine Zeichnung nach Art von Fig. 1a erhebt der Verf. mit Recht den Einwand, daß es ganz von dem willkürlich gewählten Radius des das Himmelsgewölbe darstellenden Kreises abhängt, ob die Bewegung der Planeten von der Erde aus gesehen rechtläufig oder rückläufig erscheint; dies lehrt ein Blick auf die beiden Figuren 1a und 1b.



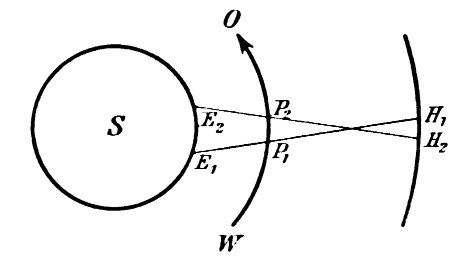


Fig. 1.

In Fig. 2 ist der Versuch gemacht, die scheinbare Planetenbewegung durch eine einfache Zeichnung richtig zu erklären. Es ist als Beispiel der Mars gewählt, und die Bahnen von Mars und Erde sind durch Kreise dargestellt, deren Radien in annähernd richtigem Verhältnis (3 : 2) zueinander stehen. Die Winkelgeschwindigkeit des Mars ist entsprechend seiner Umlaufzeit etwa halb so groß angenommen wie die der Erde. Der Mars wird von der Erde aus nacheinander in den Richtungen $E_1 M_1$, $E_2 M_2$, $E_3 M_3$ usf. gesehen. Links daneben sind diese Rich-

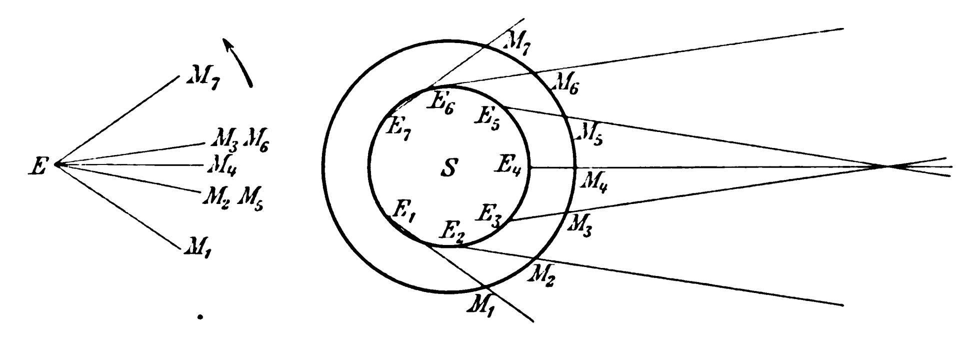


Fig. 2.

[2]) Sonderabdr. a. d. Arch. f. d. Gesch. d. Naturwissenschaften und der Technik, Bd. I, 1908.

tungen nach dem Vektorprinzip noch einmal unter der Voraussetzung gezeichnet, daß die Erde sich relativ in Ruhe befindet. Die Stellungen 1, 2 usf. sind durch gleiche Zwischenzeiten (ca. $^1/_8$ Jahr) voneinander getrennt. Man erkennt, wie die ostwärts gerichtete Bewegung des Mars bei Annäherung an den Oppositionspunkt sich verlangsamt (denn $\measuredangle\, M_1 E M_2$ ist größer als $\measuredangle\, M_2 E M_3$). In der nächsten Stellung (M_4) ist die Richtungsänderung sogar negativ geworden, der Planet hat sich also scheinbar nach Westen bewegt. Einen Schritt weiter erscheint der Mars wieder an derselben Stelle, wo er etwa $^3/_8$ Jahr früher stand, und nun erst setzt wieder die ostwärts gerichtete Bewegung ein, allmählich immer schneller werdend, bis Sonne und Planet in Konjunktion stehen.

Ohne Frage gibt diese Darstellung eine richtigere Vorstellung von dem Zustandekommen der Rückläufigkeit als die bisher in Lehrbüchern üblich gewesene. *P.*

5. Technik und mechanische Praxis.

***Die Physik der Lokomotive.** Es ist bereits früher in dieser Zeitschrift (**20**, S. 50 ÷ 53, 1907) von den bei der Eisenbahntechnik im allgemeinen wichtigen physikalischen Momenten die Rede gewesen; daran anknüpfend soll im folgenden die Dampf-Lokomotive im besonderen in dieser Hinsicht einer näheren Betrachtung unterzogen werden.

Die Lokomotiven zeigen verschiedene Bauart, je nach ihrer Bestimmung: man unterscheidet Personen-, Güterzug-, Schnellzug-, Rangier-Maschinen u. a. m., und diese Unterschiede sind im wesentlichen physikalischer Natur, insofern sie quantitativ in der Verschiedenheit der zu bewegenden Last und der Fahrgeschwindigkeit begründet sind. Bei der Größe der betreffenden Betriebe und entsprechender Zahl der Lokomotiven hat man zwecks Einfachheit und Sicherheit Normalkonstruktionen eingeführt, deren Zahl bei der preußischen Staatsbahn 1895 bereits 22 betrug und seitdem trotz Fortfalls einzelner noch gewachsen ist. Die neueste Type — S 9 — für schwere Schnellzugmaschinen stellt Abb. 1 dar[1]), welche zugleich manches früher Gesagte zu erläutern geeignet ist. Zunächst zeigt sie den hochliegenden Kessel nach amerikanischem Vorbilde, um die Seitenschwankungen zu vermindern[2]). Vermöge der Anwendung eines sog. Barrenrahmens statt der sonst üblichen Rahmen aus Blechen ist das Triebwerk sehr durchsichtig; um den für die geforderte Leistung nötigen Kessel tragen zu können, sind, da ein Rad nur mit höchstens 8 t belastet werden darf, vorne ein Drehgestell, hinten eine bewegliche sog. Adams-Achse angebracht. Um die erforderlichen großen Dampfmengen zu erzeugen, ist ein ausgedehnter Rost vom 4 m² vorhanden, der durch zwei Feuertüren beschickt wird, und um einen so großen Rost unterbringen zu können, die Feuerkiste zwischen den beiden letzten Achsen bis nach außen ausgedehnt. Die Länge dieser Maschinen beträgt ohne Tender über 13 m, der Triebraddurchmesser

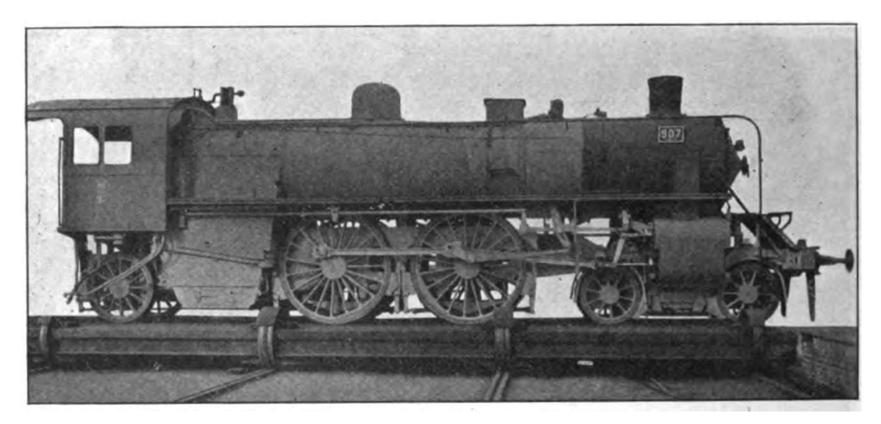


Fig. 1. — Preuß. $^2/_5$ vierzyl. Verbund-Schnellzug-Lok. Type S 9.

*) Originalbericht, Nachdruck verboten.

[1]) Nach einem Original-Photogramm der Hannov. Maschinenbau-A.-G., vorm. Egestorff.

[2]) Diese Zeitschr. **20**, S. 51, Abs. 1.



1980 mm, das Totalgewicht dienstfertig 74 t. (Stephensons „Rocket“ wog nur 4,5 t.)

Auch noch in anderer Beziehung ist diese Maschine bemerkenswert. Es ist früher[3]) von den verschiedenen Bewegungen gesprochen, welche die Lokomotive beim Fahren ausführt, unter diesen ist das Schlingern in wagerechter Ebene[4]) besonders störend, weil es das Geleise durch vermehrte Reibung angreift; seine Veranlassung ist direkt die Wirkung des Dampfes im Zylinder und die dadurch erzeugte wagerechte Hin- und Herbewegung beträchtlicher Massen, nämlich Kolben, Kolbenstange, Kreuzkopf, Kurbelstange, Kurbel und Räder einerseits, Zylinder und, weil mit ihm fest verbunden, Rahmen, Kessel andererseits. Diese regelmäßig periodisch ihre Richtung wechselnden Kräfte treten auf jeder Seite in gleicher Weise auf, da jede eine Maschine für sich bildet, die Zwei-Zylinder-Lokomotive also eine Zwillingsmaschine ist; das Schlingern kommt dadurch zustande, daß wegen des Winkels von 90° zwischen den Kurbeln die beiden Seiten mit gleich großer Phasenverschiebung arbeiten. Man kann das Schlingern verhindern, wenn man dafür sorgt, daß auf die Maschine als Ganzes stets Kräfte nur so wirken, daß ihre Gesamtsumme 0 ist, jeder einseitig wirkenden also eine genau gleiche entgegengesetzte gegenübergestellt wird, und das läuft darauf hinaus, die Achsen der Maschinentreibräder zu freien Achsen zu machen; um eine solche rotiert ein Körper dann, wenn alle auf ihn wirkenden, also auch die Zentrifugalkräfte sich derart zusammensetzen, daß keine einseitige den Körper in irgendeiner durch die Achse gelegten Ebene zu verdrehen suchende Restkraft übrigbleibt. Um diesen notwendigen Kräfte- oder richtiger Massenausgleich herbeizuführen, sind den vorhandenen gleichwertige sich entgegengesetzt bewegende Massen anzubringen, die hinsichtlich des Ganzen eine aktive oder eine passive Rolle spielen können.

Die vom Dampfe geleistete Arbeit ist proportional der Differenz zwischen den Temperaturen t_1 und t_2, mit denen er in den Zylinder ein- bzw. aus ihm austritt; t_2 wird um so kleiner und damit die von einer gewissen Dampfmenge zu leistende Arbeit um so größer, je stärker man den Dampf expandieren läßt; große Temperaturdifferenzen in einem Zylinder sind aber verlustbringend, weil die Wandung sich an den thermischen Vorgängen beteiligt, daher folgt als wesentliche Verbesserung die Anwendung großer Expansion in 2 Zylindern nacheinander: das sog. Verbundprinzip, dessen Anwendung für Lokomotiven bereits Moritz Roentgen 1834 vorschlug, während die dauernde Einführung erst Anatole Mallet in Genf 1874 zu danken ist. Die Verbundlokomotiven besaßen anfangs auch nur 2 Zylinder, deren Querschnitte bei gleicher Länge sich wie 1 : 2,25 verhielten, waren also einfache Maschinen, und wegen des verschiedenen Kolbenquerschnittes die Verhältnisse a priori noch ungünstiger; beim Anfahren erhält nur der kleine Hochdruckzylinder Dampf, das Drehmoment ist also sehr gering. Dem letzteren Übelstand lernte man durch Anfahrvorrichtungen entgegenwirken, die, im Prinzipe schon 1872 vom Engländer Dawes angegeben, seit 1884 durch von Borries, Worsdell und Lapage ausgebildet worden sind, und die es ermöglichen, beim Anfahren in beide Zylinder Frischdampf direkt eintreten zu lassen, ohne daß der Arbeitsdruck im großen Zylinder einen schädlichen Gegendruck auf den kleinen Kolben ausübt. Einen ruhigeren Gang suchte man erfolgreich durch Anwendung mehrerer Zylinder zu erreichen. Ein interessanter Versuch zum Massenausgleich war Bodmers Maschine mit je 2 gegenläufigen Kolben, 1862 baute Haswell die erste Vierzylindermaschine, bei der jederseits 2 Zylinder nur wenig gegeneinander geneigt auf 2 um 180° gegeneinander versetzte Kurbeln arbeiteten; wichtig, namentlich für Gebirgsbahnen mit vielen Krümmungen, aber nur mit bedingtem Massenausgleich arbeitend ist die Duplex-Verbundlokomotive Bauart Mallet Rimmrott (1877 1878) dadurch gekennzeichnet, daß unter einem Kessel 2 vollständige Zwillingsmaschinen mit getrennten Triebwerken, eine für Hochdruck, eine für Niederdruck, hintereinander angeordnet sind; dieser Typ ist viel verwendet, z. B. auf der Gotthard-, der neuen Harzbahn, sowie in 108 t schweren $2 \times \frac{3}{3}$ gek. Tender-Maschinen von 15 m Länge auf der Aragon. Zentral-Bahn in Spanien (gebaut von Borsig-Berlin). Einen guten Massenausgleich ermöglicht in einfachster Weise die Vierzylinder- oder Zwillings-Verbundmaschine, deren erste 1885 von de Glehn in Mülhausen (Els.) konstruiert wurde; dieser ließ die unterhalb des Kessels liegenden Niederdruckzylinder mit 90° Versetzung auf die vordere, die außen liegenden Hochdruckzylinder mit ebenfalls 90° Versetzung auf die hintere der beiden gekuppelten Treibachsen derart einwirken, daß die Kurbeln

[3]) l. c. S. 50.

[4]) l. c. S. 51, Abs. 2.

gleicher Seite 180° Versetzung haben, gebräuchlicher ist die Bauart von Borries, bei der alle Zylinder in gleicher Phasendifferenz wie vorstehend angegeben auf dieselbe Achse arbeiten, wobei man alle 4 Zylinder mit Schieberkasten usw. wie bei der Maschine Abb. 1 in einem Stück gießen kann. Macht man hierbei Hoch- und Niederdruckkolben gleich schwer, dann hat man auf jeder Seite stets 2 gleiche sich jeweils einander entgegengesetzt bewegende Massen: Kolben + Kurbelstange, demnach einen ziemlich vollkommenen Massenausgleich unter aktiver Betätigung der ihn bewirkenden Teile.

Vierzylinder-Zwillings-Verbundmaschinen, bei denen dieses nicht stattfindet, der Ausgleich also anders bewirkt werden muß, sind die Maschinen nach Vauclain der Baldwin-Loc.-Works in Philadelphia, bei denen die Kolben je eines Paares unmittelbar übereinander liegender Hochdruck-Niederdruckzylinder auf denselben Kreuzkopf arbeiten und durch einen gemeinsamen Schieber gesteuert werden, sowie die u. a. neuerdings in sehr schweren Typen zur Anwendung kommende Tandem-Anordnung: je ein Hoch- und Niederdruckzylinder hintereinander mit gemeinsamer Kolbenstange; bei diesen muß eine zweite Art des Massenausgleiches, nämlich die durch Gegengewichte, in Anwendung kommen. An der Kurbelwelle wirken nämlich stets 1. Zentrifugalkräfte der rotierenden, 2. Querkräfte der schwingenden Massen. Sind G_K G_Z G_P die bez. Gewichte von Kurbel, Kurbelzapfen und Hälfte der Pleuelstange, d. h. $\Sigma(G)$ das Gewicht der störend wirkenden rotierenden Teile, $R_K R_Z P_P$ die zugehörigen Schwerpunktsabstände von der Achse, und R der Kurbelradius, dann ist $P = \Sigma(G)$ auf den Kurbelradius reduziert:

$$P = \frac{G_K R_K + G_Z R_Z + G_P R_P}{R}.$$

Um die hierdurch ausgeübten Kräfte aufzuheben, ist am Radrande im Achsabstand A eine Masse Q anzubringen derart, daß $Q \cdot A = P \cdot R$ wird. Nun liegen aber A und R in verschiedenen Ebenen, bei Erfüllung der letzten Gleichung würde also ein Kräftepaar resultieren, das die Achse zu drehen strebte, deshalb ist Q in 2 Massen zu teilen in der Weise, daß jedes der beiden Räder eine Ausgleichsmasse erhält und 3 Kräfte mit der Resultante Null auftreten, bei 2 Kurbeln erhält also zunächst jedes Rad 2 Gegengewichte. Liegen die Dampfzylinder innen, und sind die Abstände der beiden Räder von der Kurbel bzw. A_{Q_1} und A_{Q_2}, dann gilt

$$Q_1 : Q_2 = A_{Q_2} : A_{Q_1} \text{ und } Q_1 + Q_2 = Q,$$

liegen die Zylinder dagegen außerhalb des Rahmens, dann gilt

$$\overline{Q_1} - \overline{Q_2} = Q \text{ und ebenfalls } Q_1 : Q_2 = A_{Q_2} : A_{Q_1}.$$

Die so für jedes Rad sich ergebenden 2 Gegengewichte lassen sich durch eines ersetzen, dessen Zentrifugalkraft = der Resultierenden aus den Zentrifugalkräften der Teilgewichte ist, was leicht graphisch zu ermitteln ist, ebenso wie auch der Winkel, unter dem den anderen gegenüber dieses eine Ausgleichsgewicht anzubringen ist. Liegen die Zylinder außen, und sitzen die Kurbelzapfen unmittelbar am Rade, dann kann in jedem Rade das der anderen Kurbel entsprechende kleine Ausgleichsgewicht fortgelassen werden. In gleicher Weise sind bei Kuppelachsen[5]) ebenso Kurbeln und Kuppelstangen auszubalancieren. Auch die Kräfte der nur schwingenden Massen lassen sich durch Gegengewichte dieser Art in berechenbarer Weise ausgleichen.

Die den Dampfeintritt in die Zylinder regelnde Steuerung der Maschine Abb. 1 ist die 1844 von Walschaerts (Belgien) und 1849 unabhängig von Heusinger von Waldegg erfundene Walschaerts-Heusinger-Steuerung, welche in neuester Zeit schon fast die Normalsteuerung für Lokomotiven geworden ist[6]). Die Steuerung bezweckt ja rechtzeitig dem Dampf den Zutritt zum Zylinder bzw. den Austritt aus diesem zu öffnen, und dieses „rechtzeitig“ ist sehr wesentlich; eine richtige Einstellung jedesmal im Augenblicke des Hubbeginnes wäre zu spät, da einerseits der Frischdampf erst den „schädlichen Raum“ ausfüllen müßte, andererseits der Abdampf vor Ausströmung eine Kompression erleiden würde, beides, Ein- wie Ausströmung, müssen demnach Voreilung haben, und diese, durch ein in gleichem Sinne gegen die Kurbel versetztes Exzenter oder Gegenkurbel bewirkt, würde sich bei Umkehr des Drehsinnes in eine Nacheilung verwandeln, so daß zwei zur Kurbel symmetrisch liegende, je nach der

---

[5]) d. h. mit der direkt angetriebenen durch Verbindung der (gleichgroßen) Räder vermittelst Kuppelstangen zwangläufig verbundenen Achsen.

[6]) Mit Rücksicht darauf entspricht es nicht mehr den tatsächlichen Verhältnissen, wenn in den Lehrbüchern immer noch Lokomotiven mit der Williams-Stephenson-Steuerung abgebildet werden.

Fahrtrichtung wechselweise zur Anwendung zu bringende Exzenter nötig sind. Die ersten Lokomotivsteuerungen waren Gabelsteuerungen, bei denen jeweils nur eine Exzenterstange in Wirksamkeit war; sie wurden ersetzt durch die 1842 in Stephensons Fabrik von Williams erfundene, von Howe zuerst im Modell ausgeführte, dann von Stephenson verwendete und nach ihm benannte Kulissensteuerung, bei welcher ein die Exzenterstangen verbindendes Führungsstück, die „Kulisse“, gegenüber dem Ende der gerade geführten Steuerstange verschoben wird. Diese wie verschiedene ähnliche spätere Konstruktionen haben den Nachteil großer Reibungsflächen sowie, daß die Teile nicht in einer Ebene liegen; beides ist nicht der Fall bei modernen schweren Maschinen sehr mißlich wäre, sämtliche Teile sind ohne Schwierigkeit in eine Ebene zu bringen, auch ist die Steuerung unempfindlich gegen senkrechte Erschütterungen. Bei Vierzylinder-Verbundmaschinen nach Abb. 1 bedarf man nun für die inneren Zylinder keiner Exzenter, sondern kann wegen der 180°-Phasenverschiebung die Steuerung des inneren Zylinders leicht mittelst einer kleinen, von der Kulisse aus ins Schwingen gesetzten Übertragungswelle von den äußeren ableiten (Pat. von Borries).

Das eigentliche Steuerorgan war ursprünglich der Schieber, entstanden aus dem 1802 von M. Murray erfundenen Muschelschieber. Je größer aber die Lokomotiven und ihre Leistungen wurden, um so massiger

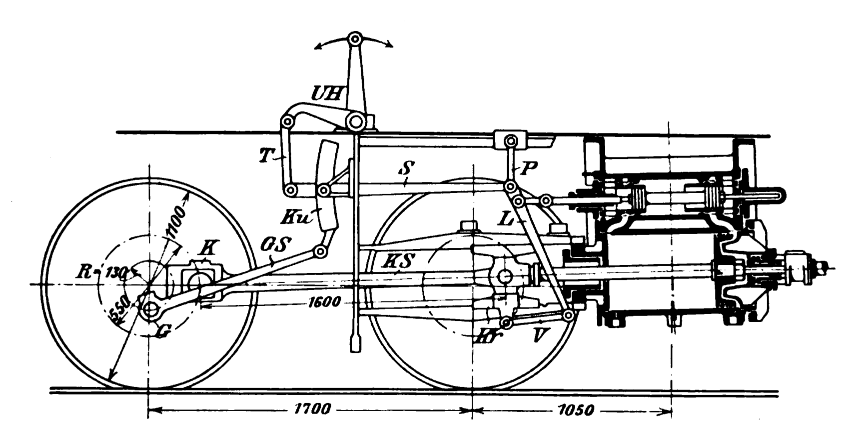


Fig. 2. — Lokomotivdampfmaschine mit Kolbenschieber und Heusinger-Steuerung.

der Walschaerts-Heusinger-Steuerung, Abb. 2 (vgl. auch Abb. 1). Bei der gegenwärtig allgemein üblichen Ausführung ist an der Achse mit 90° Voreilung eine Gegenkurbel *G* angebracht, von der aus durch eine Stange *GS* eine in ihrer Mitte drehbar gelagerte Kulisse *Ku* in schwingende Bewegung gesetzt wird; ferner ist am Kreuzkopf *Kr* ein Voreilhebel *V* angebracht, dessen freies Ende durch einen in seiner Mittellage senkrechten Hauptlenker *L* mit einer Steuerstange *S* verbunden ist, deren anderes Ende mittels Gleitstückes in der Kulisse geführt und von dieser bewegt wird. Die Bewegung dieses senkrechten Hebels setzt sich also zusammen aus der seinem oberen Ende über die Kulisse übermittelten der Gegenkurbel und der vom Voreilhebel übertragenen des Kreuzkopfes, und von diesem Hebel wird dann erst die Schieberstange angetrieben. Diese Steuerung ist sehr übersichtlich, verursacht nur geringe Reibung, bedarf keiner Exzenter, was bei den dicken Achsen der wurden die Schieber, und um so mehr Unzuträglichkeiten stellten sich ein; es wurde schwierig, die Dampfkanäle genügend weit zu machen, ferner einerseits dampfdichten Schluß zu erhalten, andererseits Fressen, d. h. mechanisches Angreifen seiner Gleitbahn durch die Endkanten des infolge ungleicher Erwärmung krumm gewordenen Schiebers zu vermeiden. Man ist deshalb in neuerer Zeit dazu übergegangen, Kolbenschieber zu verwenden; diese bestehen, wie Abb. 2 zeigt, in zwei in geringem Abstand voneinander auf derselben Stange sitzenden kleinen Kolben, welche die beiden Böden des zylindrischen Dampfeinströmungsraumes bilden, dessen Wandung ringsum an zwei geeigneten Stellen je eine Reihe von Öffnungen besitzt, die Dampfkanäle zum Zylinder, während der die Einströmungskammer umgebende Raum mit dem Blaserohr im Schornstein verbunden ist. Der Schieber ist „entlastet“, weil der Dampfdruck auf seine beiden Kolben sich aufhebt;

die ersten Kolbenschieber wurden bereits 1871 von W. Bouch in England ausgeführt.

Alle Schwingensteuerungen, d. h. die durch direkte Umwandlung stetig rotierender in hin- und hergehende Bewegung betätigten, haben nun wesentliche Mängel, welche besonders darin liegen, daß Öffnung und Schluß des Dampfeintrittes, weil bei Umkehr der Bewegungsrichtung eintretend, schleichend, d. h. relativ sehr langsam erfolgen, während ein plötzliches Öffnen bzw. Schließen erwünscht wäre, und, weil dadurch bedingt, bei es sich um relativ hohe Umdrehungszahlen, zwischen etwa 193 und 300 in der Minute, was auch Berücksichtigung fordert. Einen wesentlichen Erfolg bedeutet da nun die Einführung der Ventilsteuerung von Lentz an Lokomotiven seitens der Hannoverschen Maschinenbau-A.-G., 1905. Die Lentz-Steuerung, eine bei ortsfesten Dampfmaschinen wohl bewährte und bereits in sehr großem Umfange verwendete Steuerung, ist für Lokomotiven folgendermaßen eingerichtet, Abb. 3. Auf dem Zylinder C ist ein Kasten aufgebaut,

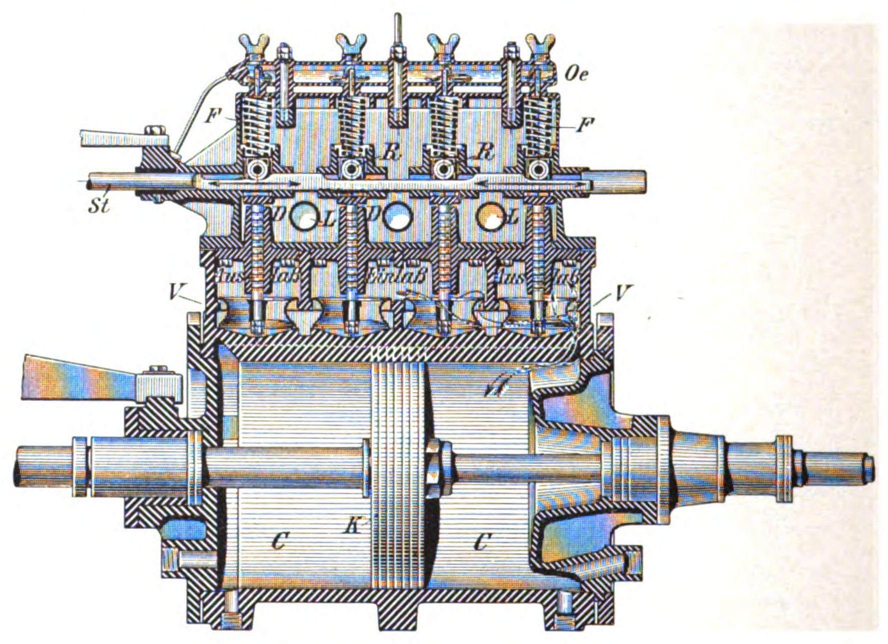


Fig. 3. — Ventilsteuerung System Lentz.

großer Expansion oder „geringen Füllungen", d. h. wenn man den Schieberhub durch Nähern des Gleitstückes an die Kulissenmitte verkleinert, starke Kompression des gewirkt habenden Dampfes erfolgt. Alle drei Übelstände bedeuten erhebliche Dampfverluste, und das Streben mußte auf Einführung einer Präzisionssteuerung mit unabhängig voneinander betätigten Ein- und Auslaßorganen gerichtet sein, wie es die von Corliss 1848 erfundene Steuerung mit 4 Hähnen[7]) war; alle seitdem unternommenen Versuche, eine für Lokomotiven geeignete Präzisionssteuerung herzustellen, blieben jedoch ohne Dauererfolg, da dabei eine komplizierte Konstruktion nicht zu vermeiden war, die in ihrer Vielteiligkeit sich nicht genügend gegen Wind- und Wettereinflüsse unempfindlich erwies. Zudem handelt in welchem sich ganz in der alten Weise, etwa durch Heusinger-Steuerung angetrieben, eine Stange St bewegt, deren Oberseite mit geeigneten Hubkurven versehen ist; von diesen Kurven werden vier Ventile V beeinflußt, welche durch Federn Fe auf ihre Sitze gedrückt werden und auf der Stange mittelst Rollen R hängen. Auf die Stopfbüchsen der Steuerstange wirkt kein Dampfdruck, da die Ventile von Oe aus geschmierte sog. Labyrinthdichtungen D besitzen; diese bestehen darin, daß die genau zylindrisch gedrehte genau passend in einer langen zylindrischen glatten Hülse befindliche Ventilstange mit einer Anzahl äquatorial verlaufender Eindrehungen versehen ist. Diese Steuerung ist mit Erfolg schon bei einer größeren Anzahl im regelmäßigen Betriebe stehender Lokomotiven in Anwendung gebracht worden; eine Abänderung besteht darin, daß man die

[7]) sog. Drehschiebern.

Ventile zu je zweien nebeneinander wagerecht legt und sie durch zwei auf schwingender Achse sitzende unrunde Scheiben bewegt.

Ein besonders wichtiger Fortschritt im Lokomotivbau war die Einführung der Anwendung bis auf über 300° C überhitzten Dampfes bei Lokomotiven durch Wilh. Schmidt, den Erfinder der Heißdampfmaschine, und Baurat Garbe 1898. Die Ökonomie eines thermischen Prozesses, bei dem Arbeitsabgabe unter Wärmeverbrauch stattfindet, hängt von dem Verhältnis der absoluten Grenztemperaturen ab, und da die untere durch die Temperatur der Umgebung bestimmt ist, kann eine Verbesserung nur in Erhöhung der oberen Grenztemperatur bestehen; dies geschieht durch Überhitzen des Dampfes in besonderen Apparaten, Überhitzern, vermittelst deren eine wesentlich bessere Ausnutzung des Brennstoffes möglich ist. Die Einrichtung eines neueren Rauchrohr-Überhitzers nach Schmidt zeigt Abb. 4. Der Kesseldampf gelangt bei geöffnetem Regulator i durch ein Rohr in den Überhitzer b, dessen Rohre c, d von 33 mm äußerem und 26 mm innerem ϕ mit je drei Strängen, zweien solcher ⎯⎯T und einem solcher ==Ɔ Form, sich in den oberen weiteren und daher als Rauchrohre bezeichneten Siederöhren von je 121 mm äußerem und 112 mm innerem ϕ befinden; der überhitzte Dampf gelangt dann durch l zum Zylinder, um endlich durch s abgeblasen zu werden. Da bei geschlossenem Regulator i der Überhitzer dampflos bleibt, so ist, um in diesem Falle ein Verbrennen der Rohre zu verhüten, eine Klappenvorrichtung $f\,h$ angebracht, welche, mit dem Regulatorhebel zwangläufig verbunden, bei dessen Schluß den Feuergasen den Weg durch die Rauchrohre sperrt.

Verbund-Zwillingsmaschinen wie Heißdampfmaschinen stellen jede für sich eine Vervollkommnung der alten Lokomotive dar, und man sollte es für naheliegend halten, nun beides miteinander zu einer noch vollkommeneren, der Heißdampf-Zwillings-Verbund-Lokomotive zu verbinden; solche sind auch bereits gebaut und u. a. auch auf der pfälzischen Bahn seit 1905 in Betrieb. Der Brennmaterialverbrauch der vier Typen: Naßdampf-Zwilling zu Naßdampf-Verbund zu Heißdampf-Zwilling zu Heißdampf-Verbund beträgt nach den bisherigen Versuchen bei im Mittel 275° C Überhitzung: 100 : 87 : 81 : 75; danach ist also die Heißdampf-Verbund-Maschine weitaus am ökonomischsten.

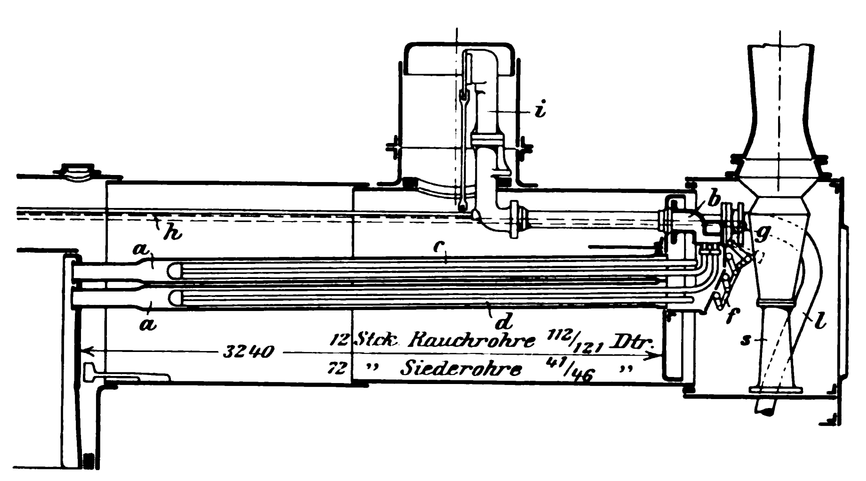


Fig. 4. — Rauchrohr-Überhitzer System Schmidt.

Die Leistungen der heutigen Lokomotiven sind ganz gewaltige, aber auch die gestellten Anforderungen sehr hohe; Maschinen nach Abb. 1 leisten ∾ 1200 ÷ 1500 PS., die Höchstgeschwindigkeit im normalen Betriebe beträgt 100 km. Angesichts der Fortschritte der elektrischen Eisenbahnen, namentlich der berühmten Marienfelder Schnellbahnversuche mit 210 km/Std. Höchstgeschwindigkeit, hat man mit besonderen Dampflokomotivenkonstruktionen Besonderes zu erreichen versucht, wie es die 2/6 Schnellzugmaschinen Bauart Wittfeld von Henschel & Sohn in Kassel (1903/4) sind; diese 79 ÷ 86 t schweren, ganz und gar D-Zug-Wagen-artig überbauten Maschinen von ∾ 13 m Länge haben drei Zylinder gleicher Größe, davon außen zwei Niederdruckzylinder mit gleichstehenden Kurbeln, was guten Ausgleich hinsichtlich des Schlingerns bedingt, Treibräder von

2,2 m ϕ und bei 4,2 m^2 Rostfläche zwei Feuerungen, den Führerstand vorn, und erfordern zwei Heizer. Diese eigenartigen Lokomotiven entwickeln ~ 1500 PS. und erreichten mit drei D-Wagen 137 km, mit sechs D-Wagen 128 km/Std. auf gerader ebener Strecke; sie haben sich jedoch nicht bewährt, so daß man wieder zu dem alten Schema zurückgekehrt ist, wie es Abb. 1 zeigt. Von besonderen Verbesserungen an den neueren Lokomotiven seien noch genannt: Fernthermometer, thermoelektrisch, welche die Dampftemperatur am Zylinder bzw. im Überhitzer anzeigen; ferner Rauchverbrennungsvorrichtungen, vielverwendet System Marcotty, bei welchem durch eingeblasenen Dampf eine innige Durchmischung von Rußteilchen, Feuergasen und Luft bewirkt wird. Besondere Schwierigkeiten macht das Heizen, da bei dem enormen Dampf- und Kohlenverbrauch ein Heizer zur Beschickung der gewaltig gewachsenen Roste (s. o.) kaum hinreicht, während zwei meist nicht Platz haben; aus diesem Grunde hat man bereits angefangen, es mit mechanischen automatischen Feuerungen zu versuchen. *Biegon von Czudnochowski.*

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Große Männer. Von Wilhelm Ostwald. IX und 424 S. Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H., 1909. M 14,—; geb. M 15,—.

Die an den Verfasser von japanischer Seite gerichtete Frage, wie man künftige große Männer in der Jugend erkenne, ist ihm der äußere Anlaß gewesen, die Entwickelung einer Reihe von Naturforschern näher zu untersuchen. Er stellt in dem vorliegenden Werk Biographien von Humphry Davy, Julius Robert Mayer, Michael Faraday, Justus Liebig, Charles Gerhardt, Hermann Helmholtz dar und zieht daraus eine Reihe von allgemeinen Folgerungen. Er stellt fest, daß in der Jugend durchweg eine gewisse Frühreife, eine Unzufriedenheit mit dem dargebotenen Bildungsmaterial und eine mehr oder weniger zielbewußte Willensenergie vorhanden sei. Er findet aber dann weiter, daß man zwei große Klassen von Forschern unterscheiden muß, die er als Romantiker und Klassiker charakterisiert, die ersteren mit lebhaftem Temperament und großer Reaktionsgeschwindigkeit, die anderen mit mehr phlegmatischer Anlage und geringer Reaktionsgeschwindigkeit begabt; zu den ersteren rechnet er Davy, Liebig, Gerhardt, zu den letzteren Mayer, Faraday, Helmholtz. Der Gesichtspunkt, unter dem der Verfasser das Phänomen der großen Männer verstehen zu können meint, ist der energetische; doch dürfte er, der selber wohl dem romantischen Typus beizuzählen ist, sich über die Tragweite dieses Gesichtspunktes einer begreiflichen Täuschung hingeben. So namentlich, wenn er die Erschöpftheit nach großen Leistungen auf ein Verbrauchtsein psychischer Energie zurückführt. Schon die Annahme einer mit den sonstigen Energieformen gleichwertigen psychischen Energie ist berechtigten Bedenken ausgesetzt; gibt man aber selbst diese Annahme zu, so ließe sich doch der Prozeß der geistigen Produktion bestenfalls als eine Umwandlung physikalischer Energie in psychische Energie verstehen; von einem begrenzten Vorrat der letzteren zu reden, ist ungerechtfertigt, da doch bei normalem Ablauf der Gehirnfunktion eine beständige Neubildung gemäß den Gesetzen des Energieumsatzes stattfinden muß. Man wird allenfalls sich vorstellen können, daß die Transformationseinrichtungen selber durch übermäßige Inanspruchnahme schadhaft werden — sowie etwa eine Dampfmaschine trotz genügender Vorräte an Kohle und Wasser zu arbeiten aufhört, wenn in den wesentlichen Konstruktionsteilen etwas in Unordnung gekommen ist; es wird dann im Fall des Denkorgans längerer Zeit der Ruhe bedürfen, ehe die über die Elastizitätsgrenze hinaus beanspruchten Elementarmechanismen ihre Leistungsfähigkeit auf dem Wege organischer Erneuerung wiedergewonnen haben. Zu dem Verständnis dieses Vorgangs vermag die Energetik nichts Erhebliches beizutragen, es spielen hier biologische Gesetze besonderer Art eine wesentlichere Rolle.

Daß der Verfasser an das beigebrachte Material eine Fülle von Gedanken über Wissenschaftsbetrieb und Unterrichtsgestaltung anschließt, sei hier nur erwähnt. Im besonderen geben die Bemerkungen über die Reformbedürftigkeit unserer höheren Schulen wohl zu nachdenklicher Erwägung Anlaß, auch dem, der den Sprachunterricht nicht so radikal verurteilt wie Ostwald. Vor allem

aber ist das Werk als ein Beitrag zur Wissenschaftsgeschichte und zur Biologie des Genies von außerordentlichem Wert. *P.*

Vergangenes und Künftiges aus der Chemie. Von Sir William Ramsay. Biographische und chemische Essays. Deutsche, um eine autobiographische Skizze vermehrte Ausgabe, übersetzt und bearbeitet von Wilhelm Ostwald. Leipzig, Akad. Verlagsgesellsch. m. b. H. 1909. 296 S. M 9,50.

Die in diesem Bande vereinigten Aufsätze, die historischen und nicht minder die wissenschaftlichen, sind von ganz ungewöhnlichem Interesse. In dem ersteren wird Leben und Lebensarbeit einer Anzahl großer Forscher behandelt, nämlich von Boyle und Cavendish, Davy und Graham, Joseph Black, Lord Kelvin, M. Berthelot. Es hat großen Reiz, an der Hand eines Meisters wie Ramsay den Entwicklungsgang der Chemie und die Geschichte ihrer hervorragendsten Probleme behandelt zu sehen. Fast noch größer aber ist der Eindruck, den man von den Aufsätzen der zweiten Reihe erhält; sie betreffen folgende Gegenstände: Wie Entdeckungen gemacht werden; Die Becquerelstrahlen; Was ist ein Element? Über die periodische Anordnung der Elemente; Radium und seine Produkte; Was ist Elektrizität? Die Aurora Borealis; Die Funktionen der Universität. Ein besonderer Vorzug dieser Abhandlungen besteht darin, daß sie an die Problemstellungen heranführen, die sich aus dem bisher Erforschten ergeben. Ungemeines pädagogisches Geschick zeigt namentlich der Aufsatz: Was ist Elektrizität? Hier wird eine der schwierigsten modernen Fragen mit Hilfe einiger geistreicher Analogien in elementarster Form fast spielend erörtert. Die Erklärung des Nordlichts im vorletzten Essay wird auf die neuesten Entdeckungen über die Edelgase gestützt, wobei dem Krypton eine Hauptrolle zufällt. Der letzte Essay betrifft gewisse Schäden der englischen Universitätsverhältnisse, denen die deutschen als Muster entgegengehalten werden. Auch sonst macht der Verf. wiederholt Bemerkungen über Unterrichtsfragen, die von tiefem Verständnis für dieses Gebiet zeugen. So erscheint ihm auf der einen Seite (S. 5) der naturwissenschaftliche Unterricht auf den modernen englischen Schulen zu weit getrieben: es werde versucht, den unreifen Geist des Schülers zur Erfassung von Dingen zu bringen, die im Grunde sehr schwierige geistige Probleme sind; dadurch werde leicht Autoritätsglaube großgezogen. Das Kind müsse vielmehr (S. 54), wenn auch in noch so elementarer Weise, begreifen, wie man nützliche Schlüsse aus Beobachtung und Versuch zieht, und sich so, wenigstens in gewissem Maße, von der Knechtschaft intellektueller Autoritäten frei machen. *P.*

Oberstufe der Naturlehre (Physik nebst Astronomie und mathematischer Geographie). Nach A. Höflers Naturlehre für höhere Lehranstalten des Deutschen Reiches bearbeitet von Dr. Friedrich Poske. Zweite verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 481 z. T. farbigen Abbildungen und 4 Tafeln. 357 S. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn, 1909. Geb. M 4,—.

Der Text dieser neuen Auflage ist sorgfältig durchgesehen und an vielen Stellen erweitert worden, so daß der Umfang des Buches um mehr als einen Bogen zugenommen hat. Auch ist eine größere Anzahl neuer Figuren hinzugekommen. Erheblichere Änderung hat namentlich der Abschnitt über Beugung und Interferenz des Lichtes erfahren. *P.*

Elektrizität und Materie. Von J. J. Thomson. Deutsche Übersetzung von G. Siebert. Zweite verbesserte Auflage. VI und 116 S. 21 Textfiguren. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn, 1909. M 3,—; in Leinwand M 3,60.

Die vorliegende zweite Auflage unterscheidet sich von der ersten besonders durch die Hinzufügung eines siebenten Vortrages über Materie und Äther. Ausgehend von der Tatsache, daß die Unabhängigkeit der Geltung des Energieprinzips vom Koordinatensystem durch die Gleichheit von Wirkung und Gegenwirkung bedingt ist, zieht Verf. aus dem scheinbaren Versagen des dritten Newtonschen Prinzips bei der gegenseitigen Wirkung verschieden schnell bewegter elektrischer Ladungen den Schluß, daß das System nicht vollständig ist, daß vielmehr durch elektrodynamischen Energieaustausch der durchaus nicht masselose Äther am Vorgang beteiligt ist. Die weitere Ausmalung dieses Gedankens führt auf die Möglichkeit, alle potentielle Energie als kinetische unbeachteter Systemteile zu deuten.

Wie in den schon bekannten sechs Vorträgen werden diese recht abstrakten Spekulationen durch wohlgewählte Gleichnisse bemerkenswert anschaulich erläutert. *W. Vn.*

Anfangsgründe der Maxwellschen Theorie verknüpft mit der Elektronentheorie. Von Franz Richarz. IX und 245 S. 69 Textfiguren.

Leipzig, B. G. Teubner, 1909. M 7,—; in Leinwand M 8,—.

Der Verf. kommt in diesem aus Oberlehrerkursen, Vorträgen und Vorlesungen entstandenen Buch ganz besonders den Lesern entgegen, denen die ältere Theorie der Elektrizität geläufig ist. Ausgehend von diesen älteren Anschauungen, entwickelt er im ersten Kapitel in ungemein anschaulicher Schilderung den Sinn der Faraday-Maxwellschen Vorstellungen und der Symbole der Vektorrechnung. (Diese werden übrigens in dem Buche nicht als Rechnungshilfsmittel, sondern nur als ebenso bequeme wie anschauliche Abkürzungen benutzt.)

Im zweiten Kapitel werden dann die Anknüpfungen fallen gelassen und die Theorie auf eigene Füße gestellt. Die Reihenfolge der weiteren Entwicklung ist die durch die Natur der Sache gegebene: Statik, Ströme, Elektromagnetismus, Induktion, schnelle Feldänderungen und Wellen.

Als Besonderheiten des Buches seien hervorgehoben: 1. die enge gegenseitige Beziehung der beiden Maxwellschen Gleichungstripel, die mit Hilfe des Energieprinzips auseinander abgeleitet werden; 2. die überall in den Vordergrund geschobene Elektronenhypothese, die einerseits eine greifbar deutliche Darstellung Maxwellscher Ansichten zuläßt, andrerseits aber über diese noch weit hinausführt; 3. die sorgfältige Ausnutzung des Kraftlinienbegriffes zur Erläuterung der mit Potential und Vektorpotential zusammenhängenden Schlüsse.

Da die Experimentalphysik gewiß in absehbarer Zeit nicht aufhören wird, von Polen und Polpaaren auszugehen und ihre grundlegenden Definitionen in Polstärken und Entfernungen, d. h. im Sinne der älteren Elektrizitätslehre, auszusprechen, so wird auch auf lange Zeit hinaus das vorliegende Buch einen besonders empfehlenswerten Weg zu den Höhen der Maxwellschen Lehre bilden. Für das eingehende weitere Studium derselben weist es selbst die geeigneten Quellen nach. *W. Vn.*

Leitfaden der Luftschiffahrt und Flugtechnik in gemeinverständlicher Darstellung und mit besonderer Berücksichtigung der historischen Entwickelung. Von Dr. Raimund Nimführ. Wien und Leipzig, A. Hartleben, 1909. XIV und 444 S., 221 Abb. i. Text. Orig.-Leinwandband M 12,—.

Die Luftschiffahrt, dem heutigen Stande der Wissenschaft entsprechend dargestellt von Graf Ferd. v. Zeppelin jr. u. a. Fachmännern. Stuttgart, A. Frankh (ohne Jahreszahl, erschien 1908). 157 S., 62 Abb. i. Text u. 4 Doppeltafeln. Geh. M 2,80; in Leinwandband M 3,50.

Das Werk von Nimführ gehört unstreitig zu dem Besten der aeronautischen Literatur. Der Verf. will keine Anleitung zur Erfindung, sondern „einen Leitfaden zum Verständnis der modernen Fahrzeuge zur Fortbewegung durch die Luft“ geben; er beschränkt sich ausschließlich auf die aerostatische und aerodynamische Luftschiffahrt. Nebendisziplinen wie Militäraeronautik, Aerologie, Ballonphotographie usw. dagegen sind nicht berücksichtigt, was, von den Drachen abgesehen, durchaus zu billigen ist. Der Inhalt zerfällt in: Einleitung (S. 1÷27), aerostatischen Flug (S. 28÷151), aerodynamischen Flug (S. 152÷325), theoretische Flugtechnik (S. 326÷424), Anhang (S. 425÷436). Die Darstellung ist klar und übersichtlich, die physikalischen Momente sind überall deutlich hervorgehoben und besonders erläutert, und das Verständnis wird durch zweckmäßige und in z. T. sehr ausführlichen „Legenden“ noch besonders erklärte Abbildungen erleichtert. Eine besondere persönliche Note erhält das Buch durch eine vom Verf. ausgeübte frisch fröhliche Kritik, der man allerdings nicht in allen Fällen unbedingt beistimmen kann. So wird von ihm bei Besprechung der modernen Lenkballontypen — deren, wie Hergesell richtig betont, nur zwei, das starre und das Ballonett-Luftschiff, zu unterscheiden sind — das erstere als eine „lebensunfähige Idee“ bezeichnet, trotzdem er über die Erfolge Zeppelins mit ehrlicher Anerkennung eingehend referiert; es ist ferner nicht zutreffend, daß dem starren System eine Analogie mit dem Wasserschiffe zugrunde liegt (S. 122), sondern es läßt sich, wie Ref. unlängst in dieser Zeitschrift gezeigt, dieses aus rein aeronautischen Gründen als Optimum ableiten, weil es wichtige Vorzüge bietet, die der Verf. aber nicht erwähnt. Umgekehrt sind beim unstarren System dessen Nachteile nicht erörtert, deren wesentlichster der jede geringfügige Verletzung unbedingt zur Katastrophe gestaltende innere Überdruck, in letzter Linie also das Ballonett ist; nicht den Tatsachen entsprechend ist die Bezeichnung des Systems Juillot-Lebaudy („Patrie“) als des einzigen erprobten halbstarren, da Gleiches auch von dem Frühling 1907 in die Praxis eingeführten deutschen System Groß-Basenach gilt. Besonders reichhaltig ist die Zahl der besprochenen dynamischen Flugapparate, unter

denen aber auch einige neuere deutsche hätten genannt werden können; hingewiesen sei hier besonders auf die Ehrenrettung des bisher stets nur mit Spott genannten Jacob Degen (1808, 12). Zu loben ist auch die übersichtliche systematische Gliederung des Stoffes, die Zusammenstellung der allgemeinen Prinzipien für Kugelballon, Lenkballon und Drachenflieger an geeigneten Stellen, die Beibringung fast überall vollständiger Daten der besprochenen Apparate, die konsequente Durchführung einer einheitlichen leicht verständlichen Terminologie und die zahlreichen Literaturhinweise, denen auch der Anhang ganz gewidmet ist; hinsichtlich der Kritik des Buches von Hildebrandt muß aber berichtigend bemerkt werden, daß dieser als Anhänger von Lilienthal dessen Versuche allerdings S. 123÷126 in Text und Bild behandelt, und daß von dem doch mit den Beobachtungen von Anschütz und Marey gut harmonierenden Buttenstedtschen Flugprinzip, wenn ein so gewiegter Fachmann wie Hildebrandt es sachlich bespricht, nicht gesagt werden kann, es seien „in Fachkreisen nie ernst genommene Faseleien". --

Ebenfalls vortrefflich, wenn auch ganz anderen Charakters, ist das Buch von Zeppelin u. a., in welchem in für weiteste Kreise verständlicher Form ein Bild der Entwickelung und des gegenwärtigen Standes der Luftschiffahrt gegeben wird; in dieser Hinsicht darf das Buch geradezu als vorbildlich bezeichnet werden. Acht Fachleute haben sich zusammengetan, um, von einer auch viel Wissenwertes enthaltenden „Einleitung" abgesehen, die Geschichte der Luftschiffahrt, die Freiballonfahrt, den modernen Fesselballon, das starre System Zeppelin, eine Fahrt mit Zeppelin (Schweizerfahrt), den unstarren Parseval-, den halbstarren Militärballon Groß-Basenach, die Flugmaschine zu behandeln. Das trotz der Beschränkung gegebene Bild des Ganzen ist ein abgerundetes und vollständiges, insofern nichts Wesentliches vergessen ist. Die Gesamtausstattung ist mustergültig, und so ist das Buch allen, die sich über den Gegenstand zu orientieren wünschen, ohne zu tief in Einzelheiten zu geraten, namentlich Lehrern und begabteren Schülern, angelegentlichst zu empfehlen. —

Im Anschluß an die vorstehenden sei hier noch auf das auch Neben- und Hilfsgebiete wie Drachen, Fallschirme, Aerologie, Luftsport, Ballonphotographie, Brieftaubenverwendung und Luftschifferrecht behandelnde Werk von Hildebrandt „Die Luftschiffahrt"[1]) empfehlend hingewiesen, welches zwar die technischen Daten nicht immer in wünschenswerter Vollständigkeit gibt und über die wirklichen großen Erfolge der Lenkballons und Flugmaschinen in Anbetracht seiner Erscheinungszeit noch nichts bringt, immerhin aber als das den Gegenstand wohl am vollständigsten behandelnde deutsche Werk auch heute noch Beachtung verdient.

W. B. v. Czudnochowski.

Die Telegraphen-Meßkunde. Von H. Dreisbach. (Telegraphen und Fernsprechtechnik Nr. III.) Braunschweig, Vieweg & Sohn, 1908. XI und 172 S., 146 Abb. i. Text und 1 Tafel. Geh. M 6,—; geb. M 7,—.

Das Buch enthält eine übersichtliche Beschreibung der gebräuchlichsten Geräte und Methoden für Messungen an Telegraphenapparaten und Leitungen und ist gegliedert in Einleitung, Meßgeräte, Meßmethoden, Leitungsmessungen, magnetische und Induktionsmessungen, Stromkurvenaufnahmen und Wechselstrommessungen, Anhang (Tabellen und Register). Wie das in Rede stehende Spezialgebiet den Arbeiten vieler Physiker wesentliche Verbesserungen verdankt, so sind andererseits die hier zusammengestellten Ergebnisse vielfach von großem Interesse für den Physiker. Anordnung und Behandlung des Stoffes sind gut, die Ausstattung die seitens des Verlages übliche vorzügliche.

W. B. v. Czudnochowski.

Lehrbuch der allgemeinen, physikalischen und theoretischen Chemie, in elementarer Darstellung für Chemiker, Mediziner, Botaniker, Geologen und Mineralogen. Von F. W. Küster. Vollständig in etwa 12 Lieferungen zum Preise von je M 1,60. Heidelberg, Carl Winters Universitätsbuchhandlung. Lieferung 1—9. 1906 bis 1908.

Das Buch ist die theoretische Einleitung zu dem alten Gmelin-Krautschen Handbuch der anorganischen Chemie, das zurzeit unter Friedheims Leitung in ganz neuer Bearbeitung erscheint. Das Küstersche Werk verdient aber als ein interessanter und glücklich gelungener Versuch, die physikalische Chemie ohne viel mathematisches Beiwerk darzustellen, allgemeinere Beachtung. Der Verfasser hat — wie viele seiner Fachgenossen — in seinen verschiedenen Lehrstellungen die

[1]) München und Berlin, R. Oldenbourg, 1907; VIII und 426 S., 230 Abb., 1 farb. Titelbild und 1 Tafel; geb. M 16,—.



Erfahrung gemacht, daß die physikalische Chemie vielfach bei Studierenden und Fortgeschrittenen etwas in Verruf gekommen ist, daß sie als „mathematisch“ und „unverständlich“ angesehen und abgelehnt wird, wo sie, in leichterer Fassung vorgetragen, den größten Nutzen stiften kann. So hat Küster seine mannigfaltigen Lehrerfahrungen benutzt, um eine elementare, aber erschöpfende Darstellung der modernen Grundlagen der Chemie zu geben. Daß eine Differentialgleichung nicht ängstlich vermieden wird, wo sie zum Verständnis nötig und vor allem, wo sie durchsichtig ist, wie in der Kinetik, ist wohl selbstverständlich. Aber alle Herleitungen zeichnen sich durch wohltuende Einfachheit und Klarheit aus. Dafür, daß die Exaktheit stets gewahrt bleibt, bürgt schon der Name des Autors. Über die Vollständigkeit des behandelten Stoffes läßt sich naturgemäß noch kein Urteil abgeben, auch nicht über die Zweckmäßigkeit der Anordnung. — Die Abbildungen der Apparate und Versuchsordnungen sind klare, einfache Strichzeichnungen; doch sind sie in manchen Teilen des Buches — namentlich gegenüber der Fülle von Diagrammen — etwas kärglich bemessen. Das Buch kann schon jetzt, ehe die Schlußlieferungen vorliegen, allen Interessenten warm empfohlen werden.

W. Roth-Greifswald.

Die Lagerung der Atome im Raume. Von J. H. van't Hoff. 3. umgearbeitete u. vermehrte Auflage. Mit 24 Abbildungen. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1908. 147 S. M 4,50.

Die bahnbrechende Schrift, die zuerst 1876 als eine von Dr. F. Hermann besorgte Bearbeitung der Broschüre „La chimie dans l'espace“ (Rotterdam 1875) erschien, wurde in ihren beiden ersten Ausgaben von Wislicenus bevorwortet, der hierdurch die neuen Ideen in Deutschland verbreiten half. Beide interessanten Vorworte des inzwischen verstorbenen Forschers sind auch in der vorliegenden Ausgabe wieder abgedruckt. Die neue Ausgabe ist erheblich erweitert und berücksichtigt die Forschungen auch der letzten Zeit. Die biologisch interessierten Leser seien besonders auf das Kapitel über die Enzymwirkungen hingewiesen. Welchen Wert es hat, die „Darlegung der Grundidee“ und die weiteren stereochemischen Anschauungen, die jetzt Allgemeingut geworden sind, im Original zu lesen, an der Hand der so einfachen und klaren Abbildungen, bedarf keiner weiteren Worte. *O.*

Jahrbuch der Chemie. Herausgegeben von Richard Meyer, Braunschweig. XVIII. Jahrg. 1908. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1909. 587 S., geh. M 18, geb. M 19 (Halbfr. M 20).

Im vorliegenden Band der bewährten Jahresschrift hat an Stelle des dahingeschiedenen C. A. Bischoff die Bearbeitung der „Organischen Chemie“ O. Aschan übernommen. Es ist nicht möglich, von dem reichen Inhalt des die reine wie die angewandte Chemie gleichermaßen berücksichtigenden Buches in Kürze eine Vorstellung zu geben; doch sollen einzelne Proben herausgegriffen werden. So ist von allgemeinerem Interesse, daß Landolt seine bekannten Untersuchungen zur Frage, ob das Gesamtgewicht bei chemischen Umwandlungen eine Änderung erleide, zum Abschluß gebracht hat mit dem Ergebnis, daß solche nicht festgestellt werden konnte. Das Helium ist wiederum — hoffentlich endgültig — verflüssigt (H. Kamerling Onnes); bei der Abkühlung durch Expansion von flüssigem Wasserstoff entstand aus Heliumgas, das auf 100 Atm. komprimiert war, eine farblose Flüssigkeit von der Dichte 0,154 und dem Siedepunkt 4,5°. Auch die Statistik ist ausgiebig berücksichtigt, so ist u. a. die Welterzeugung für die wichtigsten Metalle angegeben; sie betrug z. B. beim Eisen für das Jahr 1907 (für 1908 ist sie noch nicht ganz feststehend) 60679814 t, wozu die drei Haupteisenländer: Vereinigte Staaten (rund) 26 Millionen, Deutschland 13 Millionen, England 10 Millionen beitrugen. In biologischer Hinsicht seien als besonders wertvoll die Abschnitte über Physiologische Chemie und Agrikulturchemie hervorgehoben. Das Jahrbuch sei von neuem warm empfohlen. *O.*

Grundriß der Chemie für den Unterricht an höheren Lehranstalten von Dr. F. Rüdorff, Ausgabe B. 14. Auflage. Bearbeitet von Prof. Dr. Arthur Krause. Berlin, H. W. Müller, 1908. 312 S.

Da die von Prof. Krause bearbeitete (13.) Auflage des Rüdorffschen Grundrisses bereits eine eingehende Besprechung in dieser Zeitschr. (*XVIII 312*) gefunden hat, so genügt es auf das Erscheinen der neuen Auflage empfehlend hinzuweisen. Die Anzahl der Figuren ist vorteilhaft vermehrt worden, zumal durch Hinübernahme von Figuren der Lüpkeschen Bearbeitung. Ferner sind einige theoretische Abschnitte zweckentsprechend erweitert bzw. umgeordnet worden, doch ist der Charakter des Ganzen als eines systematischen Lehrbuches gewahrt geblieben. Die ausgeführten Änderungen gereichen dem Buche

nur zum Vorteil. Einzelne Widersprüche — z. B. heißt es S. 23, daß bei der Vereinigung von Wasserstoff und Sauerstoff „eine sehr hohe Temperatur, 2500—3000°“ entstehe, während auf S. 98 begründet wird, „daß die Hitze der Knallgasflamme nur gegen 2000° betragen kann“ — werden sich leicht bei einer Neuauflage beseitigen lassen. *O.*

Leitfaden der Chemie. Von Dr. K. Scheid, Prof. a. d. OR. u. RG. zu Freiburg i. Br. Unterstufe. Leipzig, Quelle u. Meyer, 1908. 113 S. Geb. M 1,40.

Der Leitfaden ist methodisch angelegt. Er hat mit verschiedenen ähnlichen Leitfäden das gemeinsam, daß der Lehrgang in eine beschränkte Zahl von Abschnitten geteilt ist, denen hauptsächlich bestimmte Ausgangskörper zugrunde gelegt sind. In 16 Abschnitten werden behandelt: I. Kreide und Kalkstein, II. Luft, III. Schwefelsäure, IV. Wasser usw. bis XVI. Kieselsäure. Die Abfassung des Ganzen läßt zwar die Feder eines sachkundigen Praktikers erkennen, dennoch möchten wir einige Bedenken aussprechen. Daß die „Luft“ nicht am Anfange steht, sondern durch ein besonderes Kapitel vorbereitet wird, soll als ein Vorzug lobend hervorgehoben werden, wenn wir uns auch mit der Art der Vorbereitung nicht einverstanden erklären können. Es werden Kreide und Kalk geglüht und an den Produkten der Begriff der Stoffveränderung gewonnen — das mag sich noch rechtfertigen lassen, obgleich für den ersten Anfang viel sinnfälligere Erscheinungen bzw. Körper erwünscht sind, deren es in genügender Zahl gibt. Wenn dann der Begriff der Analyse bei solchen partiellen Zerlegungen sowie der der Synthese beim Ablöschen des gebrannten Kalkes gewonnen wird, ohne daß bis zum Begriff des Elementes vorgedrungen ist, so halten wir ein solches Verfahren für keinen Gewinn. Der Begriff des Elementes wird erst auffällig spät (auf S. 48) aufgestellt. Ein besonderes Merkmal des Lehrganges ist ferner die starke Berücksichtigung des Quantitativen, der stöchiometrischen Beziehungen. Es finden sich ausnehmend viele, hauptsächlich auf Wägungen basierte Berechnungen im Text durchgeführt, und zahlreiche stöchiometrische Rechnungen werden in den vielfach eingestreuten Aufgaben verlangt. So unerläßlich die Berücksichtigung des Quantitativen zur Gewinnung mancher Gesetze ist, und so sorgfältig einige Versuche und Berechnungen auch hier durchgeführt sind, so scheint uns doch in der vorliegenden Zahl von Beispielen und Rechnungen das für den Anfangsunterricht zweckentsprechende Maß beträchtlich überschritten. Es ist zu berücksichtigen, daß solche Berechnungen meist ziemlich viel Zeit beanspruchen, ferner auch, daß dabei meistenteils das Interesse mancher sonst gut eindringender Schüler erlahmt; ferner ist es in verschiedener Hinsicht mißlich, viel Wägungen bis auf Hundertstel- oder nur Zehntel-Gramm Genauigkeit im Unterricht vorzunehmen — auf diesen Punkt wurde wiederholt in dieser Zeitschrift von verschiedenen Autoren hingewiesen. Dennoch soll die Sorgfalt mancher durchgeführten Rechnung von neuem anerkannt werden; auch wird es dem erfahrenen Lehrer möglich sein, das vorhandene Zuviel durch entsprechende Kürzungen und Auslassungen zu paralysieren.

Beim Lehrgang der Luft läßt die Induktion zu wünschen übrig. Die Folgerung z. B.: „Da er [Stickstoff] etwas leichter ist als Luft, so muß der andere, vom Kupfer aufgezehrte Luftbestandteil etwas schwerer sein“ (S. 16), ist insofern nicht am Platze, als sie eine Antizipation einschließt, nämlich, daß die Luft ein Gemenge ist. Der Versuch tritt öfters nur unzureichend vermittelt, nicht genügend gefordert auf. Aus der ungleichen Löslichkeit von Sauerstoff und Stickstoff in Wasser ist eine unrichtige Folgerung gezogen; es heißt dort (S. 18): „Ein Liter Wasser von 0° enthält annähernd 40 ccm Sauerstoff gelöst neben nur 20 ccm Stickstoff.“ Hier ist der Partialdruck der beiden Gase nicht berücksichtigt: in Wirklichkeit wird dadurch das Verhältnis der in Wasser gelösten Mengen beider Gase nahezu das umgekehrte. Bezüglich der Art der Drucklegung im ganzen ist zu bemerken, daß durch den gleichmäßig fortlaufenden Text, bei dem nur gewöhnlicher und gesperrter Satz verwendet ist, alles Gesperrte etwas zu gleichwertig erscheint. Es ist dadurch für den Unterrichtsgebrauch die Übersicht erschwert, und es treten die Hauptbegriffe und Hauptgesetze nicht genügend hervor. Diesen Einwänden gegenüber sei aber nochmals hervorgehoben, daß der Leitfaden eine in verschiedener Hinsicht wertvolle Arbeit darstellt. Zu erwähnen bleibt noch, daß der Leitfaden im Vorwort als eine „Ergänzung des Schmeilschen Unterrichtswerkes“ bezeichnet wird. *O.*

Chemie für Techniker. Leitfaden für Bau- und Maschinentechniker. Von Dr. O. Schmidt,



Prof. a. d. Kgl. Baugewerkschule in Stuttgart. Stuttgart, K. Wittwer, 1909. 165 S. Geb. M 2,80.

Der Leitfaden gibt auf acht Seiten eine allerdings sehr kurz und elementar gefaßte Einleitung über die ersten Grundbegriffe und behandelt in systematischer Folge die Metalloide und Metalle, wobei die technologisch wichtigsten Stoffe an der Hand guter Abbildungen eingehender berücksichtigt sind. Das hauptsächlich für Baugewerkschulen und Techniker bestimmte Buch ist seinen Zwecken gut angepaßt. *O.*

Programm-Abhandlungen.

Ein Beitrag zur Förderung des Unterrichts in der Meteorologie. Von Dr. Georg Bauer. Gymnasium und Realschule zu Greifswald, Ostern 1908. 42 S. Pr. Nr. 187.

Der Verfasser macht auf Grund mehrjähriger Erprobung praktische Vorschläge, für die Berücksichtigung der Meteorologie auf der Schule. Er macht das Interesse der Schüler für die Meteorologie auf zwei Arten rege, durch die Anstellung eigner Beobachtungen und durch fortgesetzte Anleitung zum Studium der im Schulgebäude ausgehängten Wetterkarten. Die ersteren beziehen sich auf regelmäßige Ablesung der Angaben von Barometer, Thermometer, Hygrometer und Regenmesser, wobei namentlich auch die graphische Darstellung geübt wird. Die Wetterkarten werden nicht nur zum Vergleich mit den lokalen Ablesungen, sondern auch zu Berichten über den wöchentlichen Gang des Wetters, zur Zusammenstellung von Niederschlagshöhen verschiedener Orte nach den Jahreszeiten, zur Darstellung des Ganges der Temperatur im Lauf des Jahres und des damit zusammenhängenden Klimas, zur Gradientbestimmung und zur Einführung in die Elemente der Wetterbeurteilung benutzt, während der Verf. von der Verleitung zum eigenen Aufstellen von Prognosen abrät. Die lesenswerten Ausführungen zeigen, wieviel sich auf die angegebene Weise, allerdings nicht ohne einige Mühe für den Lehrer, aus dem meteorologischen Stoff an Bildungselementen herausholen läßt. *P.*

Versammlungen und Vereine.

Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts.

18. Hauptversammlung zu Freiburg i. B., 2.—5. Juni 1909.

Die erste allgemeine Sitzung am 1. Juni wurde durch Ansprachen des Direktors der Oberrealschule Herrn Dr. Martin, des Geh. Hofrats Treutlein vom großh. Oberschulrat, des Herrn Geh. Rats Lüroth im Namen der Universität, des Herrn Oberbürgermeisters Winter im Namen der Stadt und durch eine Erwiderung des Vorsitzenden Prof. F. Pietzker eröffnet. Danach erstattete Herr Dr. Bastian Schmidt ein Referat über den biologischen Unterricht in den Oberklassen unter besonderer Berücksichtigung der Schülerübungen. Aus der anschließenden Diskussion (über die ausführlich in den *Unterrichtsbl. f. Math. u. Naturw. 1909, Nr. 4* berichtet ist) sei besonders erwähnt, daß von mehreren Seiten die Bestimmung des ministeriellen Erlasses, wodurch die Einführung der Biologie von einem Beschluß des Lehrerkollegiums abhängig gemacht werde, als eins der Haupthindernisse für die raschere Einführung des Biologie-Unterrichts bezeichnet wurde, der bisher nur an den Oberrealschulen festen Fuß gefaßt habe; auch sei energischer Widerstand dagegen zu leisten, daß an den Gymnasien die Biologie auf Kosten der ohnehin schon knapp bedachten Physik eingeführt werde, vielmehr sei an den Gymnasien für jetzt nur fakultativer biologischer Unterricht anzustreben. —

Am selben Tage fanden nachmittags zwei Abteilungssitzungen statt. In der einen sprachen Brocke (Zabern) über die Winkel an zwei Geraden, die von einer dritten geschnitten werden, und Grünbaum (Bingen) über den mathematischen Unterricht an einem Technikum; in der andern Kewitsch (Freiburg i. B.) über die Entstehung des 60-Systems und Rohrbach (Gotha) über den logarithmischen Rechenschieber. In einer kombinierten physikalisch-naturwissenschaftlichen Sitzung demonstrierte Herr K. T. Fischer (München) einige „einfache Gegenstände für Schülerübungen“ und deren billige Herstellung; einen Apparat zur Bestimmung des Siedepunkts, einen Apparat für kalorimetrische Messungen, Spiralfedern für ein Kräfteparallelogramm, dicke planparallele Glasplatten



und Prismen für optische Versuche, Rheostaten aus Manganindraht u. a. — Herr Grimsehl (Hamburg) führte „bewegliche Wandtafelzeichnungen für den physikalischen Unterricht“ vor, u. a. Modelle von Luftpumpenhahn, Dampfkolbensteuerung, Druckpumpe, Gasmotor, Dynamomaschine; derselbe führte einen Versuch mit abfliegender Kugel zur Messung der Geschwindigkeit eines Pendels beim Durchgang durch die Ruhelage vor. — Herr Leiber (Freiburg) hielt einen Demonstrationsvortrag „über spontane Quer- und Längsteilung bei Hydra“.

Am zweiten Versammlungstage führte Herr Dr. Gaede im physikalischen Institut die von ihm konstruierte Luftpumpe vor und machte damit eine Reihe von Versuchen, u. a. das Anblasen einer Zungenpfeife und einer Sirene sowie das Evakuieren (in $1^1/_2$ Min.) bis zur Erzeugung von Kathodenstrahlen und dann von Röntgenstrahlen.

In der 2. allgemeinen Sitzung hielt Herr Dr. Geissler (Luzern) einen Vortrag über „methodische Wege für dauernden Zusammenhang mit den übrigen Unterrichtsfächern“. Daran schloß sich eine ausgedehnte Diskussion über die Meraner Vorschläge in der Praxis des mathematischen Unterrichts mit besonderer Berücksichtigung der Anwendungen.

In der darauf folgenden Geschäftssitzung wurden die Herren Lenk, Pietzker und Schmid in den Vorstand wiedergewählt, doch verzichtete Herr Pietzker unter allseitigem lebhaften Bedauern auf die Annahme der Wiederwahl; ihm wurde die Würde eines Ehrenvorsitzenden verliehen, während Thaer (Hamburg) den Vorsitz übernahm.

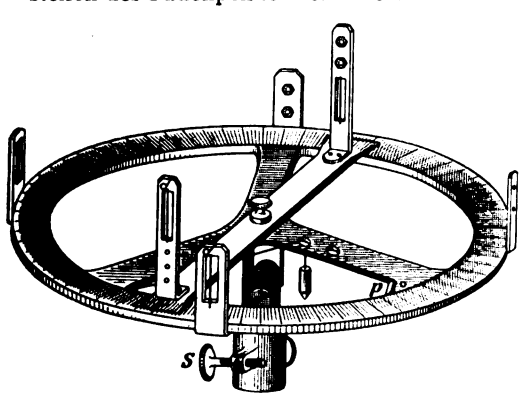
Außer einer Reihe von Besichtigungen fanden in den nächsten beiden Tagen noch geologische Exkursionen nach Badenweiler und nach dem Kaiserstuhl statt. *P.*

Mitteilungen aus Werkstätten.

Feldwinkelmesser nach Ohmann[1]).

Technisches Institut von Dr. Robert Muencke, Berlin NW, Luisenstr. 58.

Am „Feldwinkelmesser“ sind einige Verbesserungen vorgenommen worden, über die hier kurz berichtet werden soll. Zum Einstellen des Fadenpendels ist an Stelle der auf-



rechten Spitze eine kleine horizontale Scheibe ($d = 0{,}67$ cm) mit zwei eingravierten, rechtwinklig sich kreuzenden Linien getreten (s. Fig. bei p). Ferner sind bei jedem der vier das Winkelkreuz bildenden Visiere die beiden Durchlaßöffnungen der Schräubchen etwas seitlich erweitert worden, so daß, nach Lockerung der letzteren, das Visier etwas seitlich verstellt werden kann behufs Korrektion einer etwaigen, durch Zufall eingetretenen Ungenauigkeit in der rechtwinkligen Durchschneidung der beiden Absehlinien. Da zu dieser Korrektion die Verstellung an einem einzigen Visier genügt, so ist dasjenige zu wählen, das gemäß der Orientierung an der Teilung am meisten dazu geeignet ist. Dieselbe kleine Verbesserung ist auch bei den beiden hohen Visieren des Zeigers angebracht. Außerdem ist die Hülse, mit der der Apparat auf dem Dorn des Statives ruht, nicht mehr zylindrisch, sondern etwas konisch gehalten, so daß die Einpassung auf den entsprechend konisch gehaltenen Dorn noch stabiler ist. Um beim rechtwinkligen Umklappen des Apparates (zwecks Messung von Höhen- und Tiefenwinkeln) die Neigung genauer regulieren zu können, ist schließlich an der Hülse eine seitliche Schraube S angefügt, die gegen einen an der einen Speiche angebrachten Anschlag geführt wird. Der Preis des Feldwinkelmessers mit den angegebenen Verbesserungen beträgt einschließlich des im letzten Jahrzehnt nötig gewordenen Fabrikationszuschlages von 10% M 30,—.

[1]) Vgl. diese Zeitschr. *X*, *167*.

Himmelserscheinungen im Oktober und November 1909.

☿ Merkur, ♀ Venus, ☉ Sonne, ♂ Mars, ♃ Jupiter, ♄ Saturn, ☾ Mond, 0^h = Mitternacht.

	Oktober						November					
	5	10	15	20	25	30	4	9	14	19	24	29
☿ AR	$13^h 31^m$	13 15	12.56	12.46	12.52	13.11	13.36	14. 4	14.35	15. 6	15.37	16.10
☿ D	-13^0	-10^0	-7^0	-4^0	-4^0	-5^0	-8^0	-11^0	-14^0	-17^0	-19^0	-22^0
♀ AR	$15^h 16^m$	15.40	16. 5	16.30	16.55	17.20	17.45	18.10	18.35	18.59	19.22	19.45
♀ D	-20^0	−21	−23	−24	−25	−26	−26	−26	−26	−26	−25	−24
☉ AR	$12^h 43^m$	13. 1	13.19	13.38	13.57	14.16	14.36	14.56	15.16	15.37	15.58	16.19
☉ D	-5^0	−7	−8	−10	−12	−14	−15	−17	−18	−19	−20	−21
♂ AR	$23^h 58^m$	23.54	23.51	23.48	23.47	23.48	23.49	23.52	23.56	0. 0	0. 6	0.12
♂ D	-5^0	−5	−5	−5	−4	−4	−3	−3	−2	−1	0	+1
♃ AR	$11^h 57^m$		12 4		12.12		12.19		12.26		12.33	
♃ D	$+2^0$		+1		0		−1		−2		−2	
♄ AR	$1^h 20^m$						1.11					
♄ D	$+5^0$						+5					
☉ Aufg.	$6^h 8^m$	6.17	6.26	6.35	6.44	6.53	7. 3	7.12	7.21	7.30	7.39	7.47
☉ Unterg.	$17^h 28^m$	17.16	17. 5	16.54	16.44	16.33	16.24	16.15	16. 7	16. 0	15.54	15.50
☾ Aufg.	$21^h 2^m$	1.31	7.19	13. 8	15.59	17.35	22. 5	2.50	8.44	13.19	14.54	17.29
☾ Unterg.	$13^h 47^m$	16.38	17.43	20. 5	1. 9	8.43	14. 1	15.27	16.47	21.25	3. 6	10.17
Sternzeit im mittl. Mittg.	$12^h 53^m 56^s$	13 13.39	13.33.21	13.53. 4	14.12.47	14.32.30	14.52.13	15.11.55	15.31.38	15.51.21	16.11. 4	16.30.46
Zeitgl.	$-11^m 25^s$	−12 50	−14. 4	−15. 3	−15.47	−16.14	−16.21	−16. 7	−15.32	−14.36	−13.20	−11.45

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
	Okt. 14, $9^h 13^m$	Okt. 22, $8^h 4^m$	Okt. 28, $23^h 7^m$	Okt. 6, $7^h 44^m$
	Nov. 13, $3^h 18^m$	Nov. 20, $18^h 29^m$	Nov. 27, $9^h 52^m$	Nov. 4, $22^h 38^m$

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im Oktober	Ende d. Monats morgens ¾ Stunden lang im Osten sichtbar	abends zuletzt 1¼ Stunden lang sichtbar	bis gegen morgen sichtbar	wird im Anfang des Monats morgens sichtbar	die ganze Nacht hindurch sichtbar. Opposition am 13.
im November	wird Mitte des Monats wieder unsichtbar	die Sichtbarkeitsdauer wächst bis auf 2½ Stunden	die Sichtbarkeitsdauer sinkt auf 8¾ Stunden	die Sichtbarkeitsdauer wächst bis auf 4½ Stunden	bis gegen morgen sichtbar

Eine in Deutschland **unsichtbare, totale Mondfinsternis** ereignet sich in den Vormittagsstunden des 27. November. Im nordwestlichen Europa kann der Beginn der Finsternis noch beobachtet werden, in Deutschland geht der Mond vor dem Beginn der Finsternis ($8^h 11^m$) unter.

Veränderliche Sterne (M.E.Z.):

Okt. 1	19^h	β Lyrae-Min.	Okt. 20	18^h	ζ Gemin.-Max.	Okt. 30		R Lyrae-Min.
4	21^h	β Lyrae-Max.	21	$21^h 14^m$	λ Tauri-Min.	30	21^h	ζ Gemin.-Max.
6		R Lyrae-Max.	25	$20^h 6^m$	λ Tauri-Min.	Nov. 22		R Lyrae-Max.
11	$20^h 29^m$	Algol-Min.	25	21^h	ζ Gemin.-Min.	23	$20^h 44^m$	Algol-Min.
15	18^h	ζ Gemin.-Min.	29	$18^h 58^m$	λ Tauri-Min.	26	$17^h 33^m$	Algol-Min.
17	19^h	β Lyrae-Max.						

F. Koerber.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.



Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XXII. Jahrgang. **Sechstes Heft.** November 1909.

Unrichtigkeiten aus dem Gebiet der Elektrostatik.

Von
Prof. Dr. **Rooß.**
(Tierärztliche Hochschule, Stuttgart.)

Drei Punkte sind es, die auf Grund der Potentialtheorie und der historischen Entwicklung der Elektrostatik hier kritisch beleuchtet werden: 1. die experimentelle Bestimmung der elektrischen Dichte und des Zerstreuungskoeffizienten der Elektrizität; 2. die Anschauung, daß von den Influenzelektrizitäten $\pm E$ eines Konduktors noch eine Elektrizitätsmenge quantitativ gleich E zurückbleibt, wenn er mit der Erde leitend verbunden wird; 3. die theoretischen Rechnungen mit gebundener und freier Elektrizität an den Kondensatoren, die auf geometrische Reihen führen. Was den letzten Punkt anlangt, so werde ich zeigen, wie die Quotienten der geometrischen Reihen mit den sogenannten Potentialkoeffizienten zusammenhängen; es wird sich hierbei auch dartun, daß alle in neuerer Zeit unternommenen Bestimmungen der Verstärkungszahl eines Plattenkondensators durch alternierende Entladung unrichtig sind.

Eine Hauptaufgabe wird es sein, anzugeben, wie die Experimente abzuändern sind, um zu theoretisch einwandsfreien Ergebnissen zu führen.

Um den Einblick in die Untersuchungen einem größeren Leserkreis zugänglich zu machen, werde ich einige spezielle Fälle, welche eine sehr einfache mathematische Darstellung zulassen, herausgreifen.

Die ersten quantitativen elektrischen Messungen hat Coulomb im Jahre 1785 veröffentlicht. Diese Messungen, welche alle mit Hilfe der Drehwage ausgeführt wurden, führten ihn zunächst zur Entdeckung des nach ihm benannten Coulombschen Gesetzes, sodann zu dem Gesetz über die elektrische Zerstreuung durch die Luft und zu dem Gesetz des Elektrizitätsverlustes durch isolierende Stützen. Mit Hilfe dieser 3 Gesetze war es Coulomb möglich, die Dichte der Elektrizität in den einzelnen Punkten eines geladenen Konduktors experimentell zu bestimmen und auch die elektrischen Mengen von Ladungen zu vergleichen.

Für das 1. Gesetz besitzen wir heute eine weit strengere experimentelle Prüfung als die von Coulomb gegebene, und welche nach der Potentialtheorie darin besteht, daß wir nachweisen, daß im inneren Hohlraum eines Konduktors keine Elektrizität vorhanden ist. Bestimmt man das Maximum jener kleinen Elektrizitätsmenge, welche auch unsere feinsten Elektroskope nicht mehr anzugeben gestatten, so ergibt sich nach Cavendish[1]), daß in dem Anziehungs- und Abstoßungsgesetz $\frac{e e_1}{r^p}$ der Exponent p höchstens $^1/_{20000}$ von 2 verschieden sein könnte.

Die Gesetze über Elektrizitätsverlust durch Luft und Stützen sind von Warburg (*Pogg. Ann., Bd. CXLVI*) 120 Jahre nach den Veröffentlichungen von Coulomb erneuten

[1]) J. J. Thomson, Elemente der math. Theorie der Elektrizität usw. 1897. S. 29.



Prüfungen unterzogen worden, aber ohne daß wesentliche Änderungen in den Untersuchungsmethoden Coulombs angewendet werden konnte. Das Gesetz über den Elektrizitätsverlust durch Luft hat dabei gar keine Anderung erfahren; es wurde übrigens von Coulomb nur in Form des Differentialgesetzes: „Die Elektrizitätsverluste in kleinen Zeitabschnitten sind den vorhandenen Ladungsmengen proportional“ ausgesprochen (und nach meiner Ansicht) erst von Biot in Form des Integralgesetzes $Q = Q_0 e^{-pt}$ wiedergegeben, wobei Q_0 die anfängliche Ladung des Konduktors, Q die Ladung desselben nach t Minuten, $e = 2{,}71828$, die Basis des log nat, und p eine von Temperatur, Feuchtigkeit und Luftdruck abhängige Konstante ist ($p = 1/_{25} \div 1/_{100}$), die aber ganz unabhängig von der Form des Konduktors und sich auch dann nicht ändert, wenn der Konduktor durch einen geladenen Isolator, z. B, durch eine geladene Schellackkugel, ersetzt wird.

Der Ladungsverlust durch Luft hat seinen Grund darin, daß die Luftteilchen, welche der Oberflächenschichte zunächst liegen, angezogen und, nachdem sie durch Berührung elektrisch geworden, wieder abgestoßen werden, um dann einer neuen Luftschichte an der Oberfläche Platz zu machen.

Bei den Untersuchungen des Elektrizitätsverlustes durch Stützen kam Warburg zu etwas anderen Ergebnissen als Coulomb; dies rührt aber daher, daß Warburg den geladenen Konduktor mit seinen Stützen 12 und mehr Stunden in hermetisch abgeschlossene Luft brachte, während Coulomb ohne hermetisch abgeschlossenen Raum arbeitete und den Verlust nur innerhalb 1 Stunde beobachtete. Die äußerst kleinen Elektrizitätsverluste ($p = 1/_{2000}$) bei Warburg sind wohl die Folge der Ladung der Luft im geschlossenen Beobachtungsraum während der 12 Stunden. Diese elektrisierte Luft wird vom geladenen Konduktur kaum mehr angezogen, kann ihm daher nur ganz wenig Elektrizität entziehen.

Da $dQ = p\,Q_0 \,.\, dt$, so kann man p Verlustkoeffizient nennen, er ist derjenige Faktor, mit dem man die Ladung Q_0 multipliziert, um den Ladungsverlust pro Minute ($dt = 1$ Minute) zu erhalten. Ohne Drehwage wird man mittels eines geeichten Elektrometers p nach folgendem Beispiel bestimmen.

Das auf 1000 Volt geladene Elektrometer fiel auf 900, 800, 700, 600, 500, 400, 300 Volt herab nach Verfluß von 5 m 13 sec; 11 m 9 sec; 14 m 50 sec; 25 m 32 sec; 34 m 40 sec; 45 m 49 sec; 59 m 42 sec. Für die Zeit von 25 m 32 sec bis 34 m 40 sec ist die Zeitdifferenz $t = 9{,}133$ m, also $500 = 600 \,.\, e^{-p \,.\, 9\,133}$, woraus $p = 0{,}02$; für die andern Zeitintervalle ergibt sich nahezu derselbe Wert von p, p ist also als konstant anzusehen. Man schließt daraus (siehe später), daß der Elektrizitätsverlust nur von der Luft herrührt, d. h. daß durch die isolierende Masse keine Elektrizität abfließt[2]).

Die Ladungsmenge Q ist eigentlich gleich dem Produkt aus Kapazität und Volt, die Kapazität fällt indessen aus der Gleichung heraus.

Das Gesetz Coulombs über isolierende Stützen lautet: Bei der Ladungsmenge Q eines Konduktors breitet sich die Elektrizität auch auf die Oberfläche der isolierenden Stützen aus, und zwar auf eine Länge von x cm, die durch

$$x = c \,.\, Q^2$$

bestimmt ist. Hier ist c eine Konstante, abhängig von Temperatur, Feuchtigkeit, Luftdruck und Stützenmaterial, unabhängig vom Querschnitt der Stützen.

Die Bedeutung und Bestimmung von c ohne Drehwage erhellen aus folgendem Beispiel: Der Knopf des obigen Elektrometers wurde mit einem älteren Ebonitstäbchen

---

[2]) Ohne Logarithmen und doch genügend genau mit Anwendung des Differentialgesetzes:

Verlust pro Minute $\frac{100}{9 \text{ m } 8 \text{ sec}} = 11$ Volt, mittlere Ladung $1/_2\,(500 + 600) = 550$, also nach der Definition $550 \,.\, p = 11$; $p = 0{,}02$.

(Stütze) berührt; 5 cm von der Berührungsstelle entfernt war das Stäbchen in ein Metallstativ eingeklemmt, das geerdet war. Das Elektrometer, auf 1000 Volt geladen, fiel auf 900, 800, 700, 600, 500, 400, 300, 200 Volt nach Verfluß von 2 m 36 sec; 5 m; 9 m 54 sec; 16 m 12 sec; 25 m 24 sec; 36 m 36 sec; 50 m 57 sec; 71 m 13 sec. Die Berechnung der p für die 8 Intervalle gibt: 0,040; 0,035; 0,030; 0,025; 0,020; 0,020; 0,020; so daß von 600 Volt abwärts der Verlustkoeffizient konstant, gleich dem früher für das Elektrometer bestimmten Koeffizienten, wird. Ladungen über 600 Volt erleiden also durch die Stütze einen Elektrizitätsverlust; fällt dann die Ladung auf 600 Volt herab, so tritt nur noch Elektrizitätsverlust durch die Luft ein. Da die Kapazität des Elektrometers 9 war, so ist bei 600 Volt

$$Q = 600 . 9 = 5400$$

und daher

$$5 = c . 5400^2 \qquad \text{oder} \qquad c = 1,7 . 10^{-7}.$$

Je größer der Querschnittsumfang der Stütze, um so schneller vollzieht sich bei der Ladung $Q > 600$ Volt der Elektrizitätsverlust durch die Stütze.

Coulomb hat experimentell gezeigt, daß ein Schellackstäbchen von 4 cm Länge ebensogut isoliert wie ein Seidenfaden von 10facher Länge; ferner folgt z. B. theoretisch, daß eine 4 mal so lange isolierende Stütze die doppelte Elektrizitätsmenge isoliert, was COULOMB auch experimentell nachgewiesen hat mit geladenen Kugeln von $^1/_2$ cm Durchmesser an Seidenfäden von den Längen 40,5 und 162 cm.

Ich glaube, das die Ausbreitung der Elektrizität auf isolierenden Stützen sich am besten vergleichen läßt mit dem Kriechen von Kristallen aus Salzlösungen längs der Gefäßwände (Leclanché-Elemente); mit Zunahme der Konzentration nimmt auch die Höhe zu, bis zu der die Kristalle emporkriechen.

Daß das Gesetz $x = c . Q^2$ allgemein nicht gültig sein kann, geht aus folgenden Betrachtungen hervor. Bringt man an die Spitze eines metallischen, hohlen Blechkonus 2 gleiche isolierende Stützen an, die eine auf der Außenseite, die andere auf der Innenseite, und ladet den Konus, so sitzt die letztere Stütze an einer Stelle auf, die frei von Elektrizität ist, die andere aber nicht; es kann also nur im ersten Fall eine Ausbreitung von Elektrizität auf die Stütze erfolgen, nicht aber im zweiten Fall, was dem obigen Gesetz, das gleich große Ausbreitung verlangt, widerspricht; überhaupt kann bei diesem Gesetz nur die Dichte in den Punkten der Schnittkurve von Stütze und Konduktor in Betracht kommen.

Um das Gesetz des Kriechens der Elektrizität längs senkrecht aufsitzender, isolierender Stützen zu finden, betrachten wir die Schnittkurve von Stütze und Konduktor und schicken folgende Gesetze der Elektrostatik voraus. Ist in einem Punkt P eines Konduktors die elektrische Dichte δ, so ist die Feldstärke F in P (dicht außerhalb der Oberfläche)

$$F = 4 \pi \delta.$$

der elektrische Druck in P pro qcm:

$$D = \frac{2 \pi \delta^2}{k},$$

wo k die spezifische Induktionskapazität des umgebenden Isolators ist; für Luft $k = 1$.

Ist ds ein Bogenstück der Schnittkurve, so geben die Flächennormalen in den Endpunkten von ds einen Oberflächenstreifen der Stütze. Denkt man sich diesen Streifen mit einem Häutchen überzogen, das die Ursache des Kriechens ist, und dessen Querschnitt bei ds gleich do ist, so drückt die Elektrizität auf do senkrecht nach außen mit einer Kraft

$$2 \pi \delta^2 do \text{ Dynen},$$

wo δ die elektrische Dichte in do ist. Infolge dieses Druckes wird sich die Elektrizität auf dem betreffenden Streifen der Stütze ausbreiten auf eine Länge von x cm, für welche



$$x\,do = \text{Konstante}\,.\,(2\,\pi\,\delta^2\,do)$$

also

$$x = c\,.\,(\text{Dichte})^2.$$

Hier ist c eine Konstante, die von Feuchtigkeit, Luftdruck, Stützenmaterial und dessen Oberfläche abhängt, aber unabhängig ist vom Querschnitt der Stütze. Die Menge der längs der ganzen Stütze sich ausbreitenden Elektrizität wächst danach mit dem Umfang der Schnittkurve, und das Auskriechen ist im allgemeinen am größten im Punkte der größten Dichtigkeit der Schnittkurve.

Für eine Kugel mit der Ladung e elektrostatischen Einheiten ist daher:

$$x = c\left(\frac{e}{4\,\pi\,r^2}\right)^2,$$

also proportional dem Quadrat der Ladungsmenge und umgekehrt proportional der vierten Potenz des Radius; ein Gesetz, dessen Richtigkeit sich mit der Drehwage unschwer prüfen ließe.

Durch genügend lange isolierende Stützen reduziert sich also der Elektrizitätsverlust einer beliebigen Ladung Q auf denjenigen durch die Luft allein, und diesem kommt ein konstanter Verlustkoeffizient p zu. Ist p bestimmt, so fällt die anfängliche Ladung Q_0 nach t Minuten auf

$$Q_0\,.\,e^{-pt}$$

herab; es bleibt aber wohl zu berücksichtigen, daß von jeder Ladung anfänglich Elektrizität durch Kriechen auf die Stütze übergeht.

Die obigen Gesetze des Elektrizitätsverlustes treffen nicht mehr zu im Falle der Überladung. Hier hört die Luft selbst zu isolieren auf, die Elektrizität entweicht dann nicht mehr unsichtbar und geräuschlos, sondern unter Zischen und Bildung von Glimm- und Büschellicht. Nach Versuchen tritt dies in einem Punkt des Konduktors (bei 76 cm Luftdruck, 15^0 C und 50% Feuchtigkeit) ein, wenn der elektrische Druck D in diesem Punkt, auf 1 qcm bezogen, $D = 400$ Dynen ($= {}^2/_5\,g$ Druck) beträgt[3]). Die obigen Formeln geben hiermit: elektrische Dichte 8, d. h. 8 *E.-S.E.* (8 elektrostatische Einheiten) pro qcm Oberfläche, Feldstärke 100, d. h. 100 Dynen auf 1 *E.-S.E.*

Für eine Kugel vom Radius r tritt also im allgemeinen Glimm- oder Büschellicht ein bei einer Ladung von $32\,\pi\,r^2$ *E.-S.E.* Über die Bedingung dieser Erscheinung am Ellipsoid siehe weiter unten.

Überschreitet man die der Dichte 8 entsprechende Ladung, so geht der Überschuß der Ladung sofort direkt in die Luft, und man kann auf diese Weise sogar einen Konduktor dauernd auf konstanter Ladung erhalten[4]). Bei der experimentellen Bestimmung des Dichtigkeitsverhältnisses in 2 Punkten B und C eines geladenen Konduktors bediente sich Coulomb der Prüfungskugeln mit $^1/_4$ cm Radius oder der Prüfungsscheiben mit $^1/_2$ cm Radius. Er berührt mit den Probekörpern zuerst B dann C, dann wieder B und dann C usw. und bringt nach jeder Berührung den Probekörper zur Messung in die Wage; sind $b_1\,c_1$; $b_2\,c_2$; $b_3\,c_3$ die so in annähernd gleichen Zeitabschnitten (3 Minuten) gemessenen Quantitäten, so ist das Dichteverhältnis in B zu dem in C das arithmetische Mittel aus

$$\frac{b_1 + b_2}{2\,c_1}\,,\quad \frac{2\,b_2}{c_1 + c_2}\,,\quad \frac{b_2 + b_3}{2\,c_2}\,.$$

Riess[5]) hat die Dichtenmessung durch Einführung der gepaarten Prüfungskörper und durch Zuhilfenahme des Verlustkoeffizienten p, der für den Tag der Messung

---

[3]) Ionisierte Luft ausgeschlossen.

[4]) B. Kolbe, Einführung in die Elektrizitätslehre I, 1904, S. 27. — K. Noack, Elementare Messungen aus der Elektrostatik 1906, S. 10—20.

[5]) Rieß, Lehre v. d. Reibungselektrizität I, S. 134 u. ff.

zuvor bestimmt wird, wesentlich vervollkommnet. Die beiden gleich großen Prüfungskörper werden gleichzeitig an B und C angelegt und entfernt, die Elektrizitätsmenge b auf der ersten wird mit der Wage gemessen und nach t Minuten die Menge c auf der zweiten; dann ist das Dichtenverhältnis

$$b : c \, . \, e^{pt}.$$

Obgleich die Dichtenbestimmung zu den mangelhaftesten Messungen der ganzen Elektrostatik gehört, so kennen wir heute noch keine bessere Dichtenbestimmung als die von Rieß. Die geeignetsten Prüfungskörper wären gleich große Metallscheibchen, die sich vollständig deckend an den Konduktor anlegen ließen. Für Zylinder, Kegel und Ebene nimmt man zur Herstellung, von z. B. 4 solchen Scheibchen, dünnes Metallblech, legt es 4 fach aufeinander und schneidet dann mit der Blechschere auf einmal 4 kongruente Metallscheibchen heraus. Diese lassen sich den genannten Flächen ohne Dehnung durch einfaches Umbiegen anpassen.

Zur Untersuchung der elektrischen Dichte in einem Blechzylinder ohne Deckel braucht man dann ein ebenes und ein zylindrisch gebogenes Scheibchen mit isolierten Stielen. Beide Scheibchen können gleichzeitig angelegt werden; sind sie 1 qcm groß, so geben sie bei Verwendung eines Becherelektrometers die elektrischen Mengen auf 1 qcm an den 2 Berührungsstellen im Boden und Mantel des Blechzylinders.

Die Befürchtung, daß solche genau anpassende Scheibchen nicht parallel mit sich selbst abgehoben werden können, ist hinfällig, denn Coulomb hat schon bei rechteckigen und bei kreisförmigen Metallplatten ebene Prüfungsscheiben benutzt und bei öfterem Abheben dieselben Ladungen erhalten.

Eingehend hat sich Riess mit der Dichtenmessung in Spitzen beschäftigt, er benutzte Metallkegel mit den Öffnungen 20°, 45°, 90°[6]); aber selbst bei dem spitzesten dieser Kegel verhielt sich die Dichte der Spitze zu der kleinsten gemessenen Dichte auf dem Mantel nur wie 3,5 : 1 (202 : 61), ein von dem theoretisch zu erwartenden Verhältnis $\infty : 1$ weit abweichendes Verhältnis; auch Nähnadeln und vegetabilische Spitzen von Rose, Euphorbia, Kaktus[7]) ergaben keine besonders großen Dichten in den Spitzen. Man erklärt sich diesen Widerspruch zwischen Messung und Theorie aus der Unvollkommenheit aller unserer Spitzen, die unter dem Mikroskop abgerundet erscheinen; daß dies aber nicht die einzige Ursache ist, daß vielmehr die Messung an sich schon unrichtig ist, will ich im folgenden an der Hand mathematischer Entwicklung zeigen.

Der geeignetste Körper für Dichtenbestimmung ist das Rotationsellipsoid, da wir an demselben bei gegebenem Potential V sowohl Ladung Q als auch in jedem Punkt die Dichte O und die Gaußische Krümmung mathematisch angeben können.

Ist

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{z^2}{c^2} - 1 = 0$$

die Meridianellipse und die Z-Achse die Rotationsachse, also

$$\frac{x^2 + y^2}{a^2} + \frac{z^2}{c^2} - 1 = 0$$

das Rotationsellipsoid, so ist die elektrische Dichte in einem Punkt, der von der Rotationsachse um r absteht:

$$\delta = \frac{Q}{4 \pi a^2 c} \cdot \frac{1}{\sqrt{\frac{r^2}{a^4} + \frac{z^2}{c^4}}}$$

(vgl. Wüllner, Lehrbuch der Experimentalphysik IV, § 39); und da

$$\frac{r^2}{a^2} + \frac{z^2}{c^2} - 1 = 0,$$

[6]) Rieß, Reibungselektrizität I, S. 248 u. ff.

[7]) Rieß, Reibungselektrizität I, S. 253.

so gibt die Elimination von z aus den beiden letzten Gleichungen:

$$\delta = \frac{Q}{4\pi a^2} \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{r^2}{a^2}\left(1 - \frac{c^2}{a^2}\right)}},$$

ein Ausdruck, der sich beträchtlich vereinfacht, wenn man die halbe Entfernung f der Ellipsenbrennpunkte einführt, und der dann auf eine graphische Ermittlung der Dichte führt, der aber die Einteilung der Ellipsoide in 2 Arten notwendig macht.

a) Linsenförmiges Rotationsellipsoid. Hier ist $c < a$, die Linse hat die Dicke $2c$ und den Durchmesser $2a$ und gleicht den Metall-Linsen der Pendeluhren. Es ist $f = \sqrt{a^2 - c^2}$ und damit

$$\delta = \frac{Q}{4\pi a^2} \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{r^2 f^2}{a^4}}}.$$

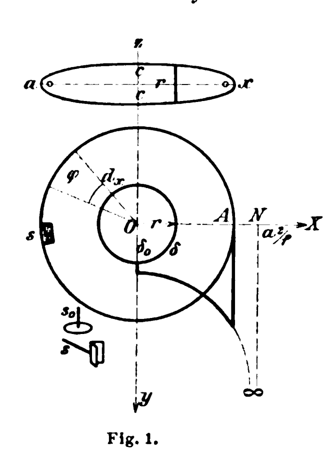


Fig. 1.

Mit $r = 0$ ergibt sich die Dichte in den 2 Punkten der Rotationsachse

$$\delta_0 = \frac{Q}{4\pi a^2}$$

und mit $r = a$ die maximale Dichte $\frac{Q}{4\pi a c}$; ferner folgt

$$\delta = \delta_0 \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{r^2 f^2}{a^4}}}.$$

Es sei nun von der Ellipse der Linse gegeben

$$\frac{a^2}{f} \left(= \frac{a^2}{\sqrt{a^2 - c^2}}\right),$$

ferner die elektrische Dichte δ_0 an der Rotationsachse. Man trägt jetzt (Fig. 1) $0N = \frac{a^2}{f}$ auf der X-Achse auf, macht die Ordinate in 0 gleich δ_0, teilt $0N$ in 10 gleiche Teile von 0 aus, macht die Ordinate im Endpunkt des n. Teiles gleich

$$\frac{\delta_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{n}{10}\right)^2}},$$

also im 1., 2., 3., . . . 10. Endpunkt gleich

$1{,}005\,\delta_0$; $1{,}021\,\delta_0$; $1{,}048\,\delta_0$; $1{,}091\,\delta_0$; $1{,}155\,\delta_0$; $1{,}250\,\delta_0$; $1{,}400\,\delta_0$; $1{,}667\,\delta_0$; $2{,}294\,\delta_0$: ∞;

so erhält man die Kurve der Dichten. Trägt man nämlich auf der X-Achse $x = r$ ab, so ist die zugehörige Kurvenordinate gleich der Dichte der Punkte, die von der Rotationsachse die Entfernung r haben. Da die Linse nur von $r = 0$ bis $r = a$ reicht, so trägt man $0A = a = 0N \cdot \frac{f}{a}$ ab. Die Ordinaten in 0 und A begrenzen dann den in Betracht zu ziehenden Teil der Kurve, und die Ordinate in A gibt die größte Dichte $\delta' = \delta_0 . \frac{a}{c}$. Je dünner die Linse, um so mehr wird $f = a$, um so mehr rückt also A nach N, um so größer wird also die maximale Dichte, die für $f = a$ den Wert ∞ annimmt.

Für das Potential der Linse findet sich:

$$V = \frac{Q}{f} \arcsin \frac{f}{a},$$

also nach Elimination von Q:

$$V = \frac{4\pi a c \delta'}{f} \arcsin \frac{f}{a},$$

wo δ' die maximale Dichte. Hieraus folgt:

Für eine Linse von der Dicke $2c = 1/_{20}$ cm und dem Durchmesser 5 cm tritt die Randdichte $\delta' = 8$ auf, wenn $V = 3,948$, d. h. beim Potential $V = 3,948 \,.\, 300 =$ 1484 Volt findet Überladung statt.

b) Langgestrecktes, eiförmiges Rotationsellipsoid. Hier ist $c > a$, $f = \sqrt{c^2 - a^2}$; es wird

$$\delta = \frac{\delta_0}{\sqrt{1 + \frac{r^2 f^2}{a^4}}}.$$

Die Dichte δ_0 an der Rotationsachse ist also ein Maximum. Die graphische Darstellung der Dichte für Punkte, welche von der Rotationsachse die Entfernung r haben, führt wieder auf eine einfach herstellbare Kurve. Für das Rotationsellipsoid $2c = 10$ cm und $2a = 1$ cm tritt beim Potential 1371 Volt die maximale Dichte 8 auf und damit Überladung.

Wir untersuchen nun die elektrische Dichte einer Linse vom Durchmesser 10 cm mit 2 Prüfungsscheiben von gleicher Oberfläche, von denen die eine, s_0, der Mitte, die andere, reiterförmige, s, dem Rande vollständig angepaßt ist. Die Linse sei sehr dünn; die Prüfungsscheibe s bedecke 1 cm des äußersten Randes, jeder ihrer beiden Teile bilde den Ausschnitt eines Sektorrings mit Bandbreite $1/_2$ cm. Diese Prüfungsscheibe s hat dann die Oberfläche

$$\frac{2\pi(5^2 - 4,5^2)}{2\pi \,.\, 5} = 0,95 \text{ qcm},$$

die gleichgroße kreisförmige Scheibe s_0 also den Radius

$$\sqrt{\frac{0,95}{\pi}} = 0,55 \text{ cm};$$

die Scheiben sind also annähernd so groß wie die Prüfungsscheiben von Coulomb und Rieß.

Für die elektrische Dichte δ in der Entfernung r vom Mittelpunkt der Linse ist, mit $f = a$:

$$\delta = \delta_0 \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{r^2}{a^2}}}.$$

Auf einem Sektorringstück (Fig. 1) $\varphi \,.\, r\, dr$ von der Bandbreite dr und dem Zentriwinkel φ kommt also die Elektrizitätsmenge

$$\frac{\delta_0 \cdot \varphi \,.\, r \,.\, dr}{\sqrt{1 - \frac{r^2}{a^2}}},$$

somit auf die runde Prüfungsscheibe

$$\delta_0 \int\limits_{r=0}^{r=0,55} \frac{2\pi r\, dr}{\sqrt{1 - \frac{r^2}{a^2}}} = 2\pi a^2 \delta_0 \,.\, 0,006 = 0,942\, \delta_0.$$

Für die reiterförmige Prüfungsscheibe ist $\varphi = \frac{1}{a}$, also die darauf vorhandene Elektrizitätsmenge

$$\frac{\delta_0}{a} \int\limits_{r=4,5}^{r=5} \frac{r\, dr}{\sqrt{1 - \frac{r^2}{a^2}}} = 2,18\, \delta_0.$$

Die Elektrizitätsmengen auf beiden Scheiben verhalten sich also wie 1:2,3; ihr Verhältnis ist also lange nicht gleich dem Dichtenverhältnis $1:\infty$ von Mitte der Linse

zum Rand der Linse. Sogar mit den an die Konduktoren vollständig anliegenden Prüfungsscheiben erhält man also Dichtenverhältnisse, die enorm vom richtigen Verhältnis abweichen. Daß diese Abweichungen so beträchtlich sind, rührt aber nicht — wie man bisher wohl allgemein annahm — von der Unmöglichkeit her, mathematische Spitzen herzustellen, dieses Mißverhältnis würde sich vielmehr nach obigen theoretischen Berechnungen auch bei Spitzen, die der streng mathematischen Forderung genügen, einstellen.

Die Dichte in einem Punkt läßt sich eben experimentell nicht genau ermitteln; denn sie ist der Quotient aus Elektrizitätsmenge der Prüfungsscheibe dividiert durch Fläche der Scheibe, unter der Voraussetzung, daß die Scheibenoberfläche unendlich klein; kleinere Scheiben als die von Coulomb und Riess lassen sich aber aus naheliegenden Gründen nicht verwenden. Nur bei Kreisscheiben und rechteckigen Platten haben Coulomb und Riess vollständig anliegende Prüfungskörper (ebene Scheiben) verwendet, bei gekrümmten Konduktoren (Kegel, Kugel, Zylinder) bedienten sie sich — wie heute noch durchweg üblich — der unvollständig, nur in einem Punkt anliegenden Prüfungskörper (Kugeln mit $^1/_4$ cm Radius oder Scheiben mit $^1/_2$ cm Radius).

Bei diesen Prüfungskörpern geht man heute noch von der irrigen Voraussetzung aus, daß sie bei der Berührung einem Konduktor eine Elektrizitätsmenge entziehen, welche proportional der Dichte δ des Berührungspunkts ist; so soll eine Scheibe vom Radius r dem Konduktor die Elektrizitätsmenge $2\pi r^2 . \delta$ entziehen (Rieß, S. 128 u. 238). Um in einem mathematisch zugänglichen Falle die Fehler der Dichtenbestimmung mit einer Prüfungskugel von $^1/_4$ cm Radius festzustellen, betrachten wir zwei geladene Kugelkonduktoren mit verschiedenen Radien. Wir berühren den einen mit der Prüfungskugel und übertragen die Elektrizität der letzteren auf ein Becherelektrometer, ebenso verfahren wir mit dem zweiten Konduktor; dann müßten die am Elektrometer abgelesenen Elektrizitätsmengen proportional den elektrischen Dichten der Kugelkonduktoren sein.

Nach den theoretischen Untersuchungen von Poisson und den Tafeln von Plana (Riess, Reibungselekt. I, S. 224, 225, 510) ist für zwei sich berührende und dann getrennte Kugeln[8]) beim Radiusverhältnis

$$r/R = {}^1/_1; \quad {}^1/_2; \quad {}^1/_4; \quad {}^1/_5; \quad {}^1/_{10}; \quad {}^1/_{20}; \quad {}^1/_\infty;$$

das nachherige Dichtenverhältnis der Kugeln

$$d/D = {}^1/_1; \quad {}^{1,16}/_1; \quad {}^{1,32}/_1; \quad {}^{1,35}/_1; \quad {}^{1,40}/_1; \quad {}^{1,54}/_1; \quad {}^{1,65}/_1.$$

Hat nun der eine Konduktor die Ladung E, den Radius R und die Dichte Δ und verliert er durch Berührung mit dem Prüfungskörper die Menge x, so ist also

$$\frac{E-x}{4\pi R^2} : \frac{x}{4\pi . {}^1/_{16}} = D : d,$$

woraus

$$E = x . R^2 \left[\frac{16 D}{d} + \frac{1}{R^2}\right],$$

also

$$\Delta = \frac{E}{4\pi R^2} = \frac{x}{4\pi}\left(\frac{16 D}{d} + \frac{1}{R^2}\right).$$

Der Klammerausdruck wird für

$$R = \infty; \quad 5; \quad 1; \quad {}^1/_2; \quad {}^1/_4; \quad {}^1/_8 \text{ cm}$$
$$0,8; \quad 0,9; \quad 1,0; \quad 1,4; \quad 2,5; \quad 14,8.$$

[8]) Eine sehr elegante Abhandlung über die elektrische Verteilung auf zwei sich berührenden Kugeln rührt von Maxwell her. Mit Hilfe der elektrischen Bilder und der elektrischen Inversion wird hierbei auf elementarem Wege dieses schwierige Problem gelöst.

Berührt man also mit der Probekugel vom Radius $^1/_4$ cm den Konduktor vom Radius

$$\infty;\quad 5;\quad 1;\quad ^1/_2;\quad ^1/_4;\quad ^1/_8 \text{ cm},$$

so gibt die Ladung der Probekugel multipliziert mit

$$0{,}8;\quad 0{,}9;\quad 1;\quad 1{,}4;\quad 2{,}5;\quad 14{,}8$$

die Dichte des Konduktors. Während also beim Kugelkonduktor vom Radius 5—1 cm die Dichte annähernd numerisch gleich der Ladung der Probekugel, ist die Dichte bei stärker gekrümmten Konduktoren wesentlich größer als die Ladung der Probekugel, bei einem Konduktorradius von $^1/_8$ cm z. B. schon 15 mal so groß als die Ladung der Probekugel; die gewünschte Proportionalität trifft also nicht zu.

Man wird hieraus wohl schließen, daß die äußerst sorgfältig ausgeführten Dichtenbestimmungen von RIESS an zwei metallenen Doppelkegeln[9]) gegen die Kegelspitzen zu viel zu kleine Dichten ergeben und die Dichtenzunahme nicht richtig wiedergeben; derselbe Einwand ist auch bei KOLBES Dichtenbestimmung an seinem Spitzenkonduktor zu machen[10]). Die elektrische Dichte kann also auch nicht mit Prüfungskugeln festgestellt werden.

Wir gehen nun dazu über, in einem mathematisch zugänglichen Fall zu zeigen, daß bei der Erdung eines Konduktors die abfließende Elektrizität quantitativ nicht gleich der vorher vorhandenen Influenzelektrizität zweiter Art ist.

Im Zentralabstand f von einer Kugel mit Radius a befinde sich ein Punkt P mit Ladung $+e$ (Fig. 2). Wird die Kugel zur Erde abgeleitet, so ist (J. J. Thomson, S. 116) die auf der Kugel vorhandene negative Ladung $M = -\frac{e\,a}{f}$. Wird die Kugel nicht zur Erde abgeleitet, so sind die beiden Influenzelektrizitäten auf ihr getrennt durch einen unelektrischen Kleinkreis, dessen Punkte von P die Entfernung

$$r_1 = \sqrt[3]{f^2 \cdot t}$$

haben, wo t die Länge der Tangente aus P ist (J. J. Thomson, S. 120). Die Dichte auf einem Kleinkreis, der die Entfernung r von P hat, ist (S. 119, 1):

$$\delta = \frac{\frac{e}{a f} - \frac{e\,a}{r^3}\,\frac{t^2}{a^2}}{4\pi}.$$

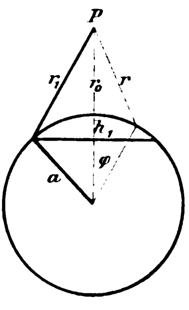


Fig. 2.

Die mit negativer Elektrizität beladene Kugelhaube habe die Höhe h, also den Inhalt $2\pi a h_1$, die kürzeste Entfernung ihrer Oberfläche von P sei $r_0 = f - a$ und d_0 ein Element dieser Haube; dann ist

$$N = 2\int_{r=r_0}^{r=r_1} \delta \cdot d_0 \text{ die Influenzelektrizität 1. Art.}$$

Nun wird

$$\frac{N}{2} = \frac{e}{4\pi f}\int d_0 - \frac{e\,t^2}{4\pi a}\int \frac{d_0}{r^3} = \frac{e\,h_1}{2f} - \frac{e\,r_1^6}{2\pi a f^4}\int_{r=r_0}^{r=r_1} \frac{d_0}{r^3}$$

$$\int \frac{d_0}{r^3} = \int \frac{2\pi a^2 \sin\varphi\, d\varphi}{\sqrt{a^2 + f^2 - 2 a f \cos\varphi}^{\,3}} = \frac{2\pi a^2}{2 a f}\int \frac{d(r^2)}{r^3} = \frac{2\pi a}{f}\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_0}\right);$$

somit

$$N = \frac{e\,h_1}{2f} - \frac{e\,r_1^6}{f^5}\left(\frac{1}{r_0} - \frac{1}{r_1}\right).$$

---

[9]) RIESS, I, S. 248 u. 249, Fig. 57 u. 58.

[10]) KOLBE, Einführung in die Elektrizitätslehre 1904, I, S. 32.

Da der Subtrahend positiv und $\frac{e h_1}{2 f}$ kleiner als M, so ist N kleiner als M. Die negative Elektrizität auf dem geerdeten Konduktor ist also größer als die Elektrizität bei nicht geerdetem Konduktor.

Der übliche Ausdruck „man leitet die Influenzelektrizität zweiter Art zur Erde ab“ ist also nicht korrekt und ist umzuwandeln in:

Man erzeugt auf dem Konduktor durch Erdung nur Elektrizität erster Art. Da deren Quantität im allgemeinen größer ist als ohne Erdung, so ist es vollends ganz unkorrekt zu sagen:

Die durch Influenz im benachbarten Konduktor erzeugte Elektrizität zerfällt in einen gebundenen, nicht ableitbaren Teil und in einen freien, ableitbaren Teil.

Es handelt sich nun um den Nachweis der Unrichtigkeiten, welche der Ermittelung der Verstärkungszahl eines Konduktors bei KOLBE, WEINHOLD, NOACK u. a. zugrunde liegen.

Wir bedürfen hierzu das Gesetz der Superposition, das wir zunächst ausführlich begründen.

Superposition von Ladungen.

In einem Punkte der Oberfläche eines geladenen Konduktors befinde sich das Elektrizitätsteilchen e; es wirken dann auf e von seiten aller andern Teilchen e_1, e_2, e_3. die Kräfte $\frac{e e_1}{r_1^2}$, $\frac{e e_2}{r_2^2}$, $\frac{e e_3}{r_3^2}$ in den Entfernungen der r. Ist die Resultante dieser Kräfte, der elektrische Antrieb auf e, senkrecht zur Oberfläche nach außen, so ist e zur Ruhe gekommen; es wird mit der Antriebskraft an den umgebenden Isolator gedrückt; ist dies mit den Antrieben für alle Oberflächenpunkte der Fall, so befindet sich die Elektrizität auf dem Konduktor in Ruhe. Nun nennt man den elektrischen Antrieb auf 1 *E.-S.E.* in einem ganz beliebigen Punkt des Feldes „Feldstärke dieses Punktes“. Ersetzt man e durch 1 *E.-S.E.*, so ändern obige Kräfte ihre Richtung nicht, werden aber alle e mal kleiner, nämlich e_1/r_1^2, e_2/r_2^2, ... die Resultante, d. h. die Feldstärke in dem Punkte der Oberfläche, wird daher auch e mal kleiner; behält aber ihre Richtung bei. Die Bedingung des Ruhezustandes der Elektrizität ist also einfach:

Die Feldstärken in allen Punkten auf der Oberfläche des Konduktors müssen Normalen der Oberfläche sein[11]).

Ist mathematisch eine Verteilung gefunden, welche dieser einzigen Anforderung genügt, so gibt sie die Anordnung der Elektrizität auf dem Konduktor im Ruhezustand. Das Potential des Konduktors ist $e_1/r_1 + e_2/r_2 + ..$, wo die r die Entfernungen der elektrischen Teilchen von einem beliebigen festen Punkte der Oberfläche des Konduktors sind.

Wir betrachten 2 Konduktoren I und II im Feld. Bringt man auf I die Ladung A und auf II die Ladung B, so kommen diese Elektrizitätsmengen in den Ruhezustand, wenn die Feldstärke in jedem Oberflächenpunkt Normale zur Oberfläche ist. Das Potential von I sei dann P, das von II sei Q, und in einem Punkt N der Konduktoroberfläche sei das Elektrizitätsteilchen e. Bringt man statt A und B die Ladungen A' und B' auf die beiden Konduktoren, so seien die Potentiale P' und Q', und im Punkt N befinde sich dann das Teilchen e'. Denkt man sich jetzt in dem Punkt N die Elektrizitätsmenge $e \pm e'$ angebracht und analog in allen andern Punkten der Oberfläche die Summe bzw. Differenz der entsprechenden Elektrizitätsteilchen, so ist, wie leicht einzusehen, die neue Feldstärke (= Feldstärke für die erste Ladung ± Feldstärke für die

[11]) Nach Gauß ist diese Bedingung identisch mit der Bedingung, daß die Feldstärke für jeden Punkt innerhalb des Konduktors Null ist.

zweite Ladung) wieder Normale. Diese neue Verteilung gibt also wieder die Elektrizität für den Ruhezustand, welche bei den Ladungen $A \pm A'$ und $B \pm B'$ sich einstellt. Die Potentiale sind dann $P \pm P'$, $Q \pm Q'$. Ist z. B. $A' = 2A$, $B' = 2B$; so ist an jeder Stelle eine 3 mal so große Elektrizitätsmenge, die Potentiale sind $3P$ und $3Q$, die Ladungen $3A$ und $3B$.

Das Gesetz der Superposition gilt selbstverständlich auch für mehr als 2 Konduktoren.

Definition. Gebundene Elektrizitätsmenge eines Konduktors gleich Ladung desselben, wenn er geerdet wird[12]).

Im Felde sei als erste Position:

Konduktor I mit Ladung L_1 und Potential P_1
- II - - L_2 - - P_2
- III - - L_3 - - P_3 (usw.)

Erdet man I, so hat I das Potential 0 und die gebundene Elektrizitätsmenge ΔL_1 des Konduktors I, während die Ladungen der anderen Konduktoren der Größe nach ungeändert bleiben, in ihren Potentialen und in der Anordnung der Elektrizität aber Änderungen erfahren. Die zweite Position ist also:

I mit Ladung ΔL_1 und Potential 0;
II mit Ladung L_2;
III mit Ladung L_3.

Die Superposition mit den Ladungsdifferenzen liefert:

I mit Ladung $L_1 - \Delta L_1$ und mit dem Potential P_1;
II mit Ladung 0;
III mit Ladung 0.

Die Ladungen 0 sind so zu verstehen, daß sie sich aus gleich großen positiven und negativen Teilladungen zusammensetzen, welche nichts anderes sind als die Influenzelektrizitäten erster und zweiter Art, hervorgerufen durch die Ladung $L_1 - \Delta L_1$ auf dem Konduktor I.

Hieraus der Satz, welcher neu sein dürfte:

Vermindert man die Ladung eines Konduktors um seine gebundene Elektrizitätsmenge und bringt dann die Ladungen aller umgebenden Konduktoren auf Null, so bleibt das Potential des Konduktors ungeändert.

Die umgebenden Konduktoren dürfen aber nicht entfernt werden[13]); auf jedem derselben treten gleich große Mengen Influenzelektrizität 1. und 2. Art auf.

Der Plattenkondensator.

Teilt man einem von 2 benachbarten Konduktoren der Reihe nach verschiedene Ladungen mit, so geben diese Ladungen mit einem konstanten Faktor[14]) multipliziert die gebundene Elektrizitätsmenge auf dem andern. Die Platten des Kondensators seien I und II.

Die Ladung von I mit x multipliziert gebe die gebundene Elektrizitätsmenge in II; die Ladung in II mit y multipliziert gebe die gebundene in I.

[12]) Also auch gleich der Influenzelektrizität erster Art bei der Erdung und somit unabhängig von der etwa auf dem Konduktor vorher vorhandenen Ladung.

[13]) Dies ist der Kernpunkt für den Nachweis der Unrichtigkeiten.

[14]) Eine Folge des Gesetzes der Superposition.

Alternierende Entladung des Plattenkondensators. (Fig. 3.)

Fall 1. Man teilt I die Ladung L mit, berührt II ableitend, so hat also II die Ladung $L\,x$.
Fall 2. Man hebt die vorige Berührung auf und berührt I ableitend, I hat dann also die Ladung $L\,x\,y$.
Fall 3. Man hebt die vorige Berührung auf und berührt II ableitend, II hat dann die Ladung $L\,x^2\,y$.
Fall 4. Man hebt die vorige Berührung auf und berührt I ableitend, I hat dann die Ladung $L\,x^2\,y^2$.
Fall 5. Man hebt die vorige Berührung auf und berührt II ableitend, II hat dann die Ladung $L\,x^3\,y^2$ usw.

Bei alternierender Entladung bilden also die aufeinanderfolgenden Ladungen auf Platte I (und ebenso auf Platte II) eine geometrische Reihe, deren Quotient $x\,y$ **Abnahmekoeffizient** der alternierenden Entladung heißen möge. Die ursprüngliche Ladung L auf der Platte I wird so, nach 3maliger Berührung oben, auf $L\,x^2\,y^2$ Figur III Fall 5 herabgesetzt und, nach 10maliger Berührung oben, auf $L\,x^9\,y^9$.

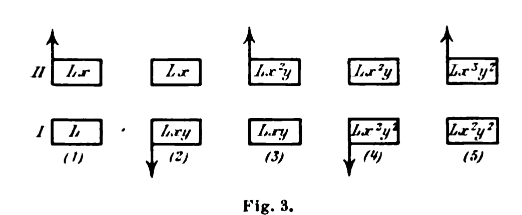


Fig. 3.

Verbindet man, vor und während der alternierenden Ladung, I dauernd mit einem entfernt stehenden Elektrometer, dessen Angaben eine beliebige Einheit zugrunde liegt, so bilden I, Verbindungsdraht und Elektrometer zusammen den Kollektor. Die Elektrometerangaben, bei der 1., 2., 3., . . . Berührung oben, müssen dann also eine geometrische Reihe bilden, wenn man die Platte II durchweg beläßt; **aber auch**, wenn man Platte II nach jeder Berührung abhebt. Sind α_1 und α_{10} die Elektrometerangaben bei der 1. und 10. Berührung oben, so ist $x^9\,y^9 = \frac{\alpha_{10}}{\alpha_1}$, d. h.

$$x\,y = \sqrt[9]{\frac{\alpha_{10}}{\alpha_1}}.$$

$x\,y$ ist stets < 1, je größer der Abstand der Platten I und II, um so mehr nähert sich $x\,y$ der Null.

Anmerkung. Sind die Platten I und II vollständig gleich, so wird doch nicht $x = y$, wegen Anhängung des Elektrometers; x findet man dann, indem man, nach der ersten Berührung oben, die obere Platte II wegnimmt, und indem man, nach der 10. Berührung oben, die Platte II wegnimmt und diese Platte II mit dem vorher entladenen Elektrometer verbindet. Sind die Elektrometerangaben α und β, so ist

$$x^{10}\,y^9 = \frac{\beta}{\alpha} \text{ also } x = \frac{\beta}{\alpha} \cdot \frac{\alpha_1}{\alpha_{10}}.$$

Verstärkungszahl des Plattenkondensators. (Fig. 4.)

Wir führen folgende, neue Unterscheidungen ein:

Der Figur IV Fall 3 und 1 entsprechend die

$$\text{Absolute Verstärkungszahl} = \frac{\text{Kapazität des Kollektors bei geerdetem Kondensator}}{\text{Kapazität des freigelegten Kollektors}}$$

Der Figur IV Fall 3 und 2 entsprechend die

$$\text{Relative Verstärkungszahl} = \frac{\text{Kapazität des Kollektors bei geerdetem Kondensator}}{\text{Kapazität des Kollektors bei nicht geerdetem Kondensator}}$$

In Figur IV sei je die untere Platte I die Kollektorplatte, die obere, parallele II dagegen die Kondensatorplatte.

Fall 1. Die Platte I erhält die Ladung L und besitze dann das Potential R.

Fall 2. Der Platte I mit Ladung L stellt man die nicht geerdete Platte II gegenüber, deren Ladung $+ - = 0$. Das Potential von I sei jetzt S[15]).

Fall 3. Platte II wird nun ableitend berührt, hat also dann die Ladung Lx.

Die Berührung wird jetzt aufgehoben; das Potential von I sei nun P.

Für Figur IV Fall 3 bestimmen wir jetzt die Menge der gebundenen Elektrizität in Platte I. Würde man I erden, so wäre seine Ladung Lxy, dies ist also die gebundene Elektrizitätsmenge, und das Potential P muß nach obigem Satze auch dann noch vorhanden sein, wenn man die Ladung $L - Lxy$ auf I anbringt und II ohne Ladung alsdann I gegenüberstellt (wobei gleich große Mengen positiver und negativer Elektrizität in II auftreten), wie dies Figur IV Fall 4 angibt.

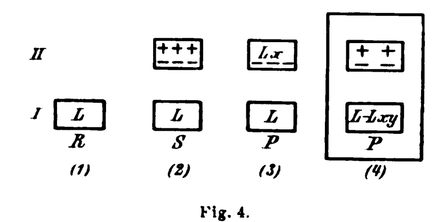


Fig. 4.

Figur IV Fall 2 verglichen mit Figur IV Fall 4 gibt sofort das sehr wichtige Resultat:

$$\frac{P}{S} = \frac{L - Lxy}{L} = 1 - xy.$$

Die Kapazitäten der Platte I in Fall 1, 2, 3 sind nun L/R, L/S, L/P; also

$$\text{Absolute Verstärkungszahl} = \frac{R}{P}, \text{ also auch } = \frac{R}{S(1 - xy)}$$

$$\text{Relative Verstärkungszahl} = \frac{S}{P}, \text{ also auch } = \frac{1}{1 - xy}.$$

Da Lxy die gebundene Elektrizitätsmenge des Kollektors ist, so kann man $L - Lxy$ auch die ungebundene Elektrizitätsmenge des Kollektors nennen, dann hat man das Gesetz:

$$\text{Relative Verstärkungszahl} = \frac{\text{Ladung der Kollektorplatte}}{\text{Ungebundene Elektrizitätsmenge dieser Ladung}}$$

Bestimmung der beiden Verstärkungszahlen.

Platte I wird dauernd mit dem entfernt stehenden Elektrometer verbunden, so daß der Kollektor neben der Platte I noch aus Verbindungsdraht und Elektrometer besteht.

Figur IV. Man ladet I, entfernt die gegenüberstehende Platte II, liest am Elektrometer den Wert r ab. Man stellt Platte II der Platte I gegenüber und erhält am Elektrometer s.

Man leitet II zur Erde ab und erhält am Elektrometer p. Nun beginnt die alternierende, durch Fig. III angedeutete Entladung.

Die erste Berührung oben gibt am Elektrometer den Wert α_1[16]) und, nach 10maliger Berührung oben, den Wert α_{10}, dann ist:

$$\text{Absolute Verstärkungszahl} = \frac{r}{s} \cdot \frac{1}{1 - \sqrt[9]{\frac{\alpha_{10}}{\alpha_1}}}; \text{ zur Probe } = \frac{r}{p}.$$

$$\text{Relative Verstärkungszahl} = \frac{1}{1 - \sqrt[9]{\frac{\alpha_{10}}{\alpha_1}}}; \text{ zur Probe } = \frac{s}{p}.$$

---

[15]) Wie leicht einzusehen, ist $R > S$.

[16]) Wird die obere Platte nach der 1. und 10. Berührung nicht weggenommen, so ist $\alpha_1 = p$, andernfalls $\alpha_1 > p$.

Bei großer Verstärkungszahl, also bei kleinem Plattenabstand, ist p nicht mehr meßbar; die Proben fallen weg. Bei der alternierenden Entladung wird dann die Bestimmung von $\frac{\alpha_{10}}{\alpha_1}$ nur möglich, indem man die Platte II nach der 1. und 10. Berührung wegnimmt, oder aber, indem man der alternierenden Entladung eine neue weit stärkere Ladung zugrunde legt als der Bestimmung von r und s.

Bestimmung des Reduktionsfaktors eines Elektrometers.

Die Kollektorplatte eines beliebigen Plattenkondensators wird dauernd mit dem entfernt stehenden Elektrometer verbunden. Für diese Anordnung werden die Verstärkungszahlen $z = \frac{r}{s} \frac{1}{1 - xy}$ und $z_1 = \frac{1}{1 - xy}$ bestimmt.

Nun verwendet man eine Batterie von z. B. 10 Volt (diese gibt an einen Konduktor von der Kapazität C die Ladung $10 . C$ ab).

1. Bei Verwendung der absoluten Verstärkungszahl z[17]) verbindet man hierauf die Batterie leitend mit dem Kollektor, berührt die Kondensatorplatte ableitend, entfernt die Batterie und hebt dann die Kondensatorplatte ab. Der erhaltene Ausschlag am Elektrometer ist mit $10 . z$ Volt zu bezeichnen.

2. Bei Verwendung der relativen Verstärkungszahl z_1 verfährt man wie vorhin. Nach Abheben der Kondensatorplatte wird aber diese entladen und wieder aufgesetzt ohne abzuleiten. Der jetzt erhaltene Ausschlag ist mit $10 . z_1$ Volt zu bezeichnen.

Diese zweite Methode dürfte neu sein; sie hat vor der vorigen den Vorzug, daß die Bestimmung von r und s ganz wegfällt, und daß man mit dem Abnahmekoeffizienten xy der alternierenden Entladung allein durchkommt.

Bisherige Fehler bei Aufstellung der Verstärkungszahl.

Ich wähle je ein Beispiel aus neuerer und älterer Zeit.

Noack[18]) kommt zu dem Resultat $1 - xy = \frac{P}{R}$ (unser xy ist bei ihm mit x bezeichnet). Seine Verstärkungszahlen wären noch mit $\frac{r}{s}$ zu multiplizieren, um mit den unsrigen übereinzustimmen.

Ohm[19]) denkt sich die Platte I des Plattenkondensators mit einer Elektrizitätsquelle verbunden. Es sei a die freie Elektrizitätsmenge, welche I bei weggenommenem II von der Quelle aufnehmen kann; u die Menge, welche I bei geerdetem, aufgesetztem II aufnimmt, so ist bei Ohm $\frac{u}{a}$ die Verstärkungszahl.

Nach obigem wäre also $\frac{u}{a} = \frac{R}{P}$. u in der unteren Platte binde nun $-xu$ der oberen Platte; $-xu$ der oberen binde unten yxu, so daß unten noch die freie Elektrizität $u - xyu$ übrig bleibt, während $-xu$ oben und $+xyu$ unten als wirkungslos ausscheiden. Sind die Platten völlig gleich, so ist $x = y$ und die freie Elektrizität auf der unteren Platte ist also $u - x^2 u$ und andererseits nach obigem a, also

---

[17]) Diese Methode ist nach meiner Ansicht zuerst von Kolbe I S. 68 und II S. 120 angegeben worden. Seine Reduktionsfaktoren sind aber zu klein, der Fehler liegt an der Weglassung von $\frac{r}{s}$. Siehe auch Kolbe, Zeitschr. f. phys. u. chem. Unt. 1908.

[18]) Noack, Elementare Messungen aus der Elektrostatik 1906. Sonderhefte der Zeitschr. f. phys. u. chem. Unterricht II. 1. Diese Schrift enthält übrigens viele neue, sehr wertvolle Messungsmethoden.

[19]) Ohm, Grundzüge der Physik 1854. S. 308—310.

$$a = u - x^2 u: \frac{u}{a} = \frac{1}{1 - x^2}.$$

was im Widerspruch mit unseren Entwicklungen, nach denen $\frac{1}{1 - x^2} = \frac{S}{P}$ ist.

Würde man aber festsetzen: a Elektrizitätsmenge von I bei vorhandenem, nicht geerdetem II, so wäre wenigstens das Endresultat $\frac{u}{a} = \frac{1}{1 - x^2}$ richtig; **unverständlich würde aber z. B. bleiben, daß $-xu$ und $+x^2u$ als wirkungslos ausscheiden.** Ich kenne überhaupt nur einen einzigen Fall, bei dem die gegenüberstehenden Elektrizitätsschichten $-xu$ und $+x^2u$ auf alle Punkte außerhalb der Schichten wirkungslos und nur auf Punkte in der trennenden Luftschichte von Wirkung sind; es ist dies der Fall beim innen geerdeten Kugelkondensator. Sind r und R die Kugelradien und u die Ladung außen, so bindet sie innen $-u\frac{r}{R}$, also $x = \frac{r}{R}$. Die Ladung $-u\frac{r}{R}$ innen bindet, wie man durch Isolation der innern Kugel und Erdung der äußern erkennt, $+u\frac{r}{R}$, also $y = 1$. Die beiden Schichten $-u\frac{r}{R}$ und $+u\frac{r}{R}$ geben für Punkte der trennenden Luftschichte eine Feldstärke, die von 0 verschieden; für alle andern Punkte außerhalb dieser Schichten ist aber die Feldstärke 0.

Der außerhalb geerdete Kondensator zeigt aber diese Eigenschaften schon nicht mehr. Die Ladung u innen bindet $-u$ außen, also $x = 1$. Die Ladung $-u$ außen bindet innen $+u\frac{r}{R}$. Die Schichten $-u$ und $+u\frac{r}{R}$ geben aber auch für Punkte außerhalb des Kondensators eine von Null verschiedene Feldstärke.

Die Verstärkungszahl wird häufig auch durch die geometrische Reihe $1 + x^2 + x^4 + \ldots$ gefunden, deren Wert $\frac{1}{1 - x^2}$ ist; gegen die dabei zugrunde gelegten Betrachtungen sind dieselben Einwände zu erheben.

Die relative Verstärkungszahl $\frac{S}{P}$.

Um die Richtigkeit der Gleichung $\frac{S}{P} = \frac{1}{1 - xy}$ für den Kugelkondensator nachzuweisen, teile ich die leicht zu findenden Größen mit.

Die Radien seien von innen nach außen r, R_1 und R_2, dann ist

1. für den innen geerdeten Kondensator:

$$x = \frac{\frac{1}{R_2}}{\frac{1}{r} + \frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}}, \quad y = 1, \quad S = \frac{e}{R_2}, \quad P = \frac{e}{R_2} \frac{\frac{1}{r} - \frac{1}{R_1}}{\frac{1}{r} + \frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}},$$

so daß in der Tat

$$\frac{S}{P} = \frac{1}{1 - xy};$$

2. für den außen geerdeten Kondensator:

$$x = 1, \quad y = \frac{\frac{1}{R_2}}{\frac{1}{r} + \frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}}, \quad S = e\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}\right), \quad P = e\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R_1}\right),$$

so daß wieder

$$\frac{S}{P} = \frac{1}{1 - xy}.$$

Auch ist allgemein ersichtlich, daß die relative Verstärkungszahl dieselbe bleibt, ob man die obere oder untere Platte, wie verschieden beide auch sein mögen, zur

Kollektorplatte macht. Ich teile zum Schlusse noch die Resultate mit, welche die Einführung der Potentialkoeffizienten ergaben.

Die Ladung 1 *E.-S. E.* auf I erzeugt auf I das Potential p_{11} und auf II Influenzelektrizitäten, II weise so das Potential p_{12} auf.

Die Ladung 1 *E.-S. E.* auf II erzeugt auf II das Potential p_{22} und auf I Influenzelektrizitäten, I weise so das Potential p_{21} auf; dann ist allgemein $p_{12} = p_{21}$.

Mit den Potentialkoeffizienten p_{11}, p_{12}, p_{22} wird dann $x = -\frac{p_{12}}{p_{22}}$ der Faktor, mit dem man die Ladung in I zu multiplizieren hat, um die gebundene Elektrizität auf II zu erhalten; und $y = -\frac{p_{12}}{p_{11}}$ der Faktor, mit dem man die Ladung in II zu multiplizieren hat, um die gebundene Elektrizität auf I zu erhalten; also

$$\frac{S}{P} = \frac{1}{1 - \frac{p_{12}^2}{p_{11} \cdot p_{22}}}.$$

Für den Kugelkondensator mit Radius r und R ist:

$$p_{11} = \frac{1}{r}, \quad p_{12} = \frac{1}{R}, \quad p_{22} = \frac{1}{R}, \qquad \text{also} \qquad \frac{S}{P} = \frac{1}{1 - \frac{r}{R}},$$

was obige Ausdrücke mit $R = R_1 = R_2$ auch ergeben.

Nach den früheren Ausführungen auf S. 350 u. ff. ist anzunehmen, daß das Gesetz:

$$\text{Relative Verstärkungszahl} = \frac{S}{P} = \frac{1}{1 - x\,y} = \frac{1}{1 - \frac{p_{12}^2}{p_{11} \cdot p_{22}}},$$

bisher unbekannt war.

Ohne auf meine vorhergehenden Darlegungen zurückzukommen, kann der Leser sich in wenigen Minuten von der Unrichtigkeit der früher üblichen Berechnungen über die Verstärkungszahl überzeugen, indem er den Kugelkondensator in Betracht zieht.

Sind r, R_1, R_2 die aufeinander folgenden Radien, und bringt man auf die innere Kugel die Ladung E, so gibt die Erdung der äußeren Kugelschale auf dieser letzteren die Ladung $-E$.

Bringt man auf die außen nicht geerdete Kugelschale die Ladung e und erdet die innere Kugel, so bekommt die äußere Kugeloberfläche die Ladung e_2; die Kugeloberfläche mit Radius R_1 die Ladung e_1 und die innere Kugel die Ladung x. Da die Feldstärke auf beliebige Punkte zwischen den zwei äußeren Kugeln 0 sein muß, so muß $x = -e_1$ sein; aber auch

$$e_1 + e_2 = e. \tag{1}$$

Das Potential 0 der inneren Kugel gibt jetzt

$$-\frac{e_1}{r} + \frac{e_1}{R_1} + \frac{e_2}{R_2} = 0, \tag{2}$$

hieraus

$$e_1 = e \frac{\frac{1}{R_2}}{\frac{1}{r} + \frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}}.$$

Im außen geerdeten Kondensator bindet also die Ladung e der inneren Kugel die Ladung $-e$ auf der äußeren Kugelschale. Die Ladung $-e$ auf der äußeren Kugelschale bindet innen

$$e_1 = e \frac{\frac{1}{R_2}}{\frac{1}{r} + \frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}}.$$

Die sogenannte freie Elektrizität auf der kleinen Kugel ist also $e - e_1$, somit die früher übliche Verstärkungszahl

$$\frac{1}{1 - \dfrac{\dfrac{1}{R_2}}{\dfrac{1}{r} + \dfrac{1}{R_2} - \dfrac{1}{R_1}}}.$$

Die Kapazität der freigelegten inneren Kugel ist r, die Kapazität derselben Kugel beim außen geerdeten Kondensator

$$\frac{1}{\dfrac{1}{r} - \dfrac{1}{R_1}},$$

also die richtige Verstärkungszahl

$$\frac{1}{1 - \dfrac{r}{R_1}},$$

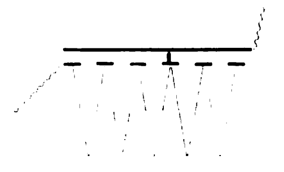
im allgemeinen also keineswegs gleich der obigen.

Ein Blick auf Fig. 4 meiner Abhandlung zeigt, daß beide nur gleich sind, wenn die Kondensatorplatte unendlich dünn, im vorliegenden speziellen Falle, wenn $R_1 = R_2$, was auch der obige Ausdruck zeigt.

Demonstrations-Schieber- und Stöpselrheostat.

Von
Oberl. **V. Erlemann** in St. Petersburg.

Die zickzackförmige Anordnung des Widerstandsdrahtes ist für den Anfangsunterricht entschieden die empfehlenswerteste, da sie übersichtlich ist und rasch und leicht an die Tafel gezeichnet werden kann. Ich benutze daher am Anfang einen nach Kolbes Elektrizitätslehre II. Fig. 19 hergestellten Rheostat, bei dem ich die Stifte wenig konisch verjüngt habe, so daß die mit entsprechenden Bohrungen versehenen Klemmschrauben fest auf die Stifte gesetzt werden können und man die Hände frei hat. Überaus störend ist bei diesem Rheostat, daß bei Veränderung des Widerstandes Stromunterbrechung eintritt, die Galvanometernadel daher auf die Nullstellung zurückspringt und hierbei wie auch beim folgenden Stromschluß Schwingungen ausführt, welche die Veränderung der Stromstärke in Abhängigkeit von Veränderung des Widerstandes nicht genügend klar erkennen lassen. Für weitere Versuche benutze ich daher den in Fig. 3 dargestellten Schieberrheostat von 1—10 Ω, bei welchem die Stromunterbrechung bei Veränderung des Widerstandes vermieden, die übersichtliche zickzackförmige Anordnung aber beibehalten ist, so daß auch die Skizzierung bei Wiedergabe von Versuchsanordnungen keine Schwierigkeiten bietet (cf. nebenstehende Skizze). Der Rheostat gestattet auch, wie unten genauer beschrieben, die Versuche über Spannungsabfall auf homogenem Leiter in weiten Grenzen zu variieren.



Ein einfach ausgeführter ebenfalls vertikal angeordneter Schieberrheostat für Ohm-Bruchteile (Fig. 5) kann von seinem Stativ leicht und rasch abgenommen und an obigem Rheostat befestigt werden, wie in Fig. 3 angedeutet, so daß man einen Rheostat von 0—11 Ohm erhält.

Als Mangel habe ich es empfunden, daß in keinem bekannten Preisverzeichnis ein für die Demonstration geeigneter vertikaler Stöpselrheostat zu finden ist; ich hatte mir daher an der Rückwand einen derartigen Stöpselrheostat (Fig. 6) angebracht,

von 1—210 Ohm reichend, an welchem der erwähnte Rheostat für Ohm-Bruchteile angesetzt werden konnte. Später erwies es sich als erwünscht, den Stöpselrheostat neben dem Schieberrheostat gleichzeitig verwenden zu können (z. B. für Nachweis des Ohmschen Gesetzes, cf. Fig. 7), daher habe ich für die beiden Rheostate zwei getrennte vertikale durch Hängen verbundene Bretter benutzt, wobei noch die in zusammengeklappter Stellung der Bretter einander zugekehrten Flächen zweckmäßige Verwendung fanden, indem die eine mit Drähten von verschiedenem Querschnitt (Fig. 8), die andere mit Drähten von gleichen Dimensionen und verschiedenem spezifischen Widerstand bespannt wurde. So entstand ein Apparat, der nach meiner Erfahrung in seiner Anwendung recht vielseitig, dabei aber doch übersichtlich und nicht kompliziert ist, denn er wendet dem Schüler nur die im vorliegenden Falle benutzte Seite zu und verlangt auch in bezug auf Herstellung keine besondere Aufmerksamkeit, da bei der getroffenen Anordnung der Kontaktklötzchen Kontakte durch gegeneinander stoßende Schrauben ausgeschlossen sind. Der Apparat hat auch den Beifall hiesiger Fachkollegen gefunden, daher erscheint mir eine Mitteilung über seine Herstellung und Verwendung berechtigt.

In ein dunkel poliertes Grundbrett (56×28×2,5 cm), das auf vier Klötzchen ruht, ist ein beiderseits weiß lackiertes Brett (36×60×2 cm) vertikal fest eingeleimt, so daß seine schmalen Seitenflächen je 10 cm, eine breite Seitenfläche *A* (Fig. Ia im

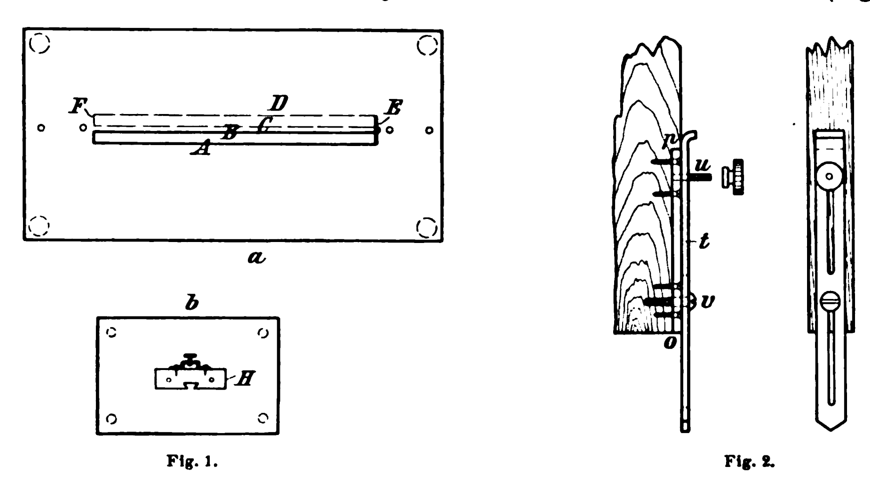


Fig. 1. Fig. 2.

Grundriß) 11 cm und die andere *B* 15 cm von den entsprechenden Kanten des Grundbretts abstehen. Ein zweites beiderseits weiß lackiertes Brett (36×60×2 cm) wird später vermittelst zweier in losgeklappter Stellung 6 cm breiter Hängen bei *E* an das erste befestigt, so daß bei zusammengeklappter paralleler Stellung der Bretter zwischen den Flächen *B* und *C* ein Zwischenraum von 2 cm verbleibt, während beim Auseinanderklappen die Flächen *A* und *D* eine Ebene bilden. Stellt man sich die Fläche *D* des zweiten Brettes in vertikaler Stellung vor, so ist an den oberen Teil (*a b c d* in Fig. 3) ein Furnierbrett (36×8,5×0,2 cm) geleimt, damit die Vorderflächen der oben an *D* angebrachten Messingdreiecke von 3 mm Dicke (Fig. 3, *p*) mit den Vorderflächen der an *A* befestigten Klötzchen des Stöpselrheostats von 5 mm Dicke (Fig. 6) bei aufgeklappt paralleler Stellung der Bretter in eine Ebene fallen.

An der Schmalseite *F* (Fig. 1) des zweiten in den Hängen drehbaren Brettes ist ein vertikaler Schieber angebracht, der bei zusammengeklappter Stellung der vertikalen Bretter in eine Nute des Grundbrettes hineinfaßt, bei auseinandergeklappter Stellung aber dem zweiten als Stütze auf dem Tisch dient. Die Einrichtung des Schiebers ist aus Fig. 2 ersichtlich: An der Messingplatte *o p* (11×1,6×0,25 cm) mit Löchern für Holzschrauben ist eine Schraubspindel *u* fest vernietet; der Schieber *t*

(15×1,6×0,25 cm) hat zwei Schlitze von 4,7 cm Länge und ist oben zu einem Handgriff umgebogen. Die Spindel *u* und die Holzschraube *v* dienen dem Schieber als Führung, und vermittelst der Mutter auf *u* kann man ihn in beliebiger Höhe festklemmen. Das mit dem Schieber versehene Brett steht vollständig fest auf dem Tisch, wenn man den Schieber *t* am Handgriff schwach auf den Tisch drückt, während man die Mutter bei *u* festdreht; dasselbe hat man bei zusammengeklappter Einstellung zu beobachten.

An der Fläche *D* wird ein Schieberrheostat (1—10 Ω), an *A* ein vertikal angeordneter Stöpselrheostat (1—210 Ω) angebracht. Die Flächen *B* und *C* werden zu Versuchen über spezifischen Widerstand und Einfluß von Länge und Querschnitt des Leiters benutzt; will man auf diese Verwendung des Apparats verzichten, so wird man die Hängen natürlich so anbringen, daß die Flächen *B* und *C* sich beim Zusammenklappen berühren. Will man schließlich auch auf die Verwendung des Schieberrheostats neben dem Stöpselrheostat (Fig. 7) verzichten, so lassen sich beide Rheostate an einem vertikalen Brett anbringen.

Ein zweites Stativ für einen Rheostat von 0—1 Ω besteht aus zwei Teilen: Ein auf einer Seite weiß lackiertes und im übrigen dunkel poliertes Brett (9 × 60 × 4 cm, Fig. 1b im Grundriß und Fig. 5) hat in der Mitte eine schwalbenschwanzförmige Nute, die an der Außenfläche 1 cm breit ist; in dieser Nute gleitet ein Schieber, der später besprochen wird. Aus der Bodenfläche dieses vertikal stehenden Brettes ragen zwei an den Enden abgerundete Metallstifte von 0,7 cm Durchmesser in etwa 5 cm Abstand voneinander je 0,8 cm hervor. An der der weißen Fläche gegenüberliegenden Rückseite ist in etwa 25 cm Höhe eine Metallführung (Öffnungsdurchschnitt 3 × 0,6 cm) mit Schraubenklemme angebracht. Dieses Brett wird in vertikaler Stellung auf ein dunkel poliertes Grundbrett (20 × 26 × 2,5 cm) gesetzt, das einen vertikalen 30 cm hohen fest verschraubten Metallstab trägt, der in die Metallführung hineinpaßt; in das Grundbrett sind zwei mit Messingrohr ausgelegte Löcher für die Stifte des ersten Brettes gebohrt. Das vertikale Meßbrett steht fest auf dem Grundbrett, wenn man es beim Anziehen der Schraube abwärts und zugleich etwas nach vorn hin drückt.

Das Meßbrett läßt sich auch bei *F* oder *E* (Fig. 1a) an das erste Stativ befestigen, so daß seine Vorderfläche (mit der Nute) mit der Fläche *A* resp. *D* in eine Ebene fällt. Zu dem Zwecke sind im Grundbrett des ersten Stativs bei *E* und *F* je zwei mit Messingrohr ausgelegte Löcher für die Stifte gebohrt; außerdem wird dazu noch ein später erwähnter Verbindungsbügel benutzt. An der Schmalseite (Fig. 5, *H*) hat das Meßbrett flache Vertiefungen für die seitlich etwas hervorstehenden Mittelstücke der Hängen bei *E*.

Schieberrheostat von 1 bis 10 Ω in Stufen zu 1 Ω.

An der Fläche *D* wird 2,5 cm von der oberen Kante entfernt ein Messingstab *JK* (Querschnitt 1,5 × 1,5 cm) angeschraubt, welcher nahe dem Ende bei *K* eine Schraubspindel für Doppelpreßklemme trägt (Fig. 3); an der unteren Seite hat der Stab eine über die ganze Länge reichende Hohlnute von 5 mm Breite und 3 mm Tiefe (Fig. 3, *w* im Durchschnitt).

Ferner sind von einem rechtwinklig gebogenen Messingstreifen von 3 mm Dicke, dessen Schenkel im Durchschnitt 1,7 cm und 2,2 cm lang sind, zehn Stücke von 2,6 cm Länge abgesägt (Fig. 3, *p*); die dem längeren Schenkel entsprechenden Flächen sind zu an den Spitzen abgerundeten gleichschenkligen Dreiecken angefeilt und mit drei Löchern versehen. An einem weiteren Stück von 4,2 cm Länge ist nur der eine Dreiecksschenkel angefeilt, während der rechteckige Teil auf 2,6 cm Länge zurückgefeilt ist; an diesem Stück ist eine Schraubspindel für Doppelpreßklemme angenietet (Fig. 3 links bei *L*). Diese Messingstücke werden nun in 2 cm Abstand von *JK* und



in gleichen Abständen voneinander mit je zwei flachköpfigen Schrauben so ans Brett geschraubt, daß der eine längere Streifen links in der Figur bis an die Kante des Brettes heranreicht, während das äußerste rechte Stück wenigstens 2,8 cm von der Brettkante absteht. Durch die Löcher an den Spitzen der Messingdreiecke gehen Schrauben mit erhabenen Köpfen und pressen den Widerstandsdraht zwischen zwei verzinnte Kupferscheibchen; diese Befestigungsart gilt für alle Widerstände.

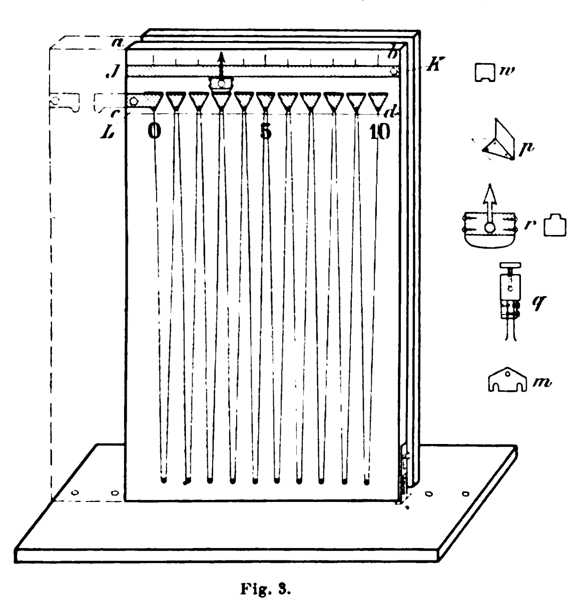


Fig. 3.

Der Kontakt des Stabes JK mit den Messingstücken wird durch einen Schieber (Fig. 3, r) vermittelt. Dieser besteht aus einem 1,5 cm dicken Messingklotz von 3 cm Länge und 1,5 cm Breite, welcher an der dem Stabe zugekehrten Seite so zugefeilt ist, daß eine vorstehende Nute nachbleibt, die in die Hohlnute des Stabes hineinpaßt; hieran ist ein federndes Messingblech von 1,5 cm Breite und etwa 6 cm Länge seitlich mit vier Schrauben angeschraubt. Als Griff dient eine in der Mitte des Schiebers befestigte Klemmschraube, unter welche als Zeiger ein schwarzer Blechstreifen geklemmt ist; der Zeiger ist entsprechend der Profilansicht des Stabes gebogen und liegt mit seiner Spitze auf der oben angebrachten Skala. Sind die Dimensionen hiernach gewählt, so tritt, wenn der Schieber mit seinem Zeiger an die Klemme K stößt, kein Kontakt ein (Stromunterbrechung).

Unter den Messingdreiecken sind die Zahlen 0, 5, 10 groß aufgemalt.

Weiter gehören zum Apparat zwei Kontaktreiter (Fig. 3, q), die aus Klemmschraube mit darangeschraubten federnden Blechstreifen von ca. 2 cm Breite bestehen; diese Reiter können auf die vorstehenden rechteckigen Teile der Messingstücke gesetzt und auf ihnen verschoben werden.

Als Widerstand benutze ich einen langen Manganindraht von ca. 0,66 mm Durchmesser. Den Draht klemmt man zunächst bei O fest ein; darauf verbindet man das erste und zweite Messingstück vermittelst der Reiterkontakte mit der Meßbrücke und reguliert den ersten Widerstand gleich 1 Ω ein (Drahtlänge ca. 100 cm). Nachdem der Draht ans zweite Messingstück fest angeschraubt wurde, spannt man ihn nach unten in einer Schleife aus, die man über ein Isolierknöpfchen setzt und dieses ans Brett schraubt. Ebenso verfährt man bei jedem folgenden Widerstande von 1 Ω und kontrolliert zugleich den Gesamtwiderstand. Damit der Draht parallel zur Brettebene steht, müssen die Isolierknöpfchen niedrig sein; man dreht sie in passender Höhe aus einem durchbohrten Hartgummistabe.

Um das gleiche Potentialgefälle zwischen gleich langen Stücken des homogenen Drahts zu zeigen, klemmt man den Hauptstrom bei K und L an, während man den Zweigstrom in beliebigen Ohm-Abständen vermittelst der Reiterklemmen abnehmen kann (Fig. 4b). Will man das Potentialgefälle an verschieden langen Leitungsstücken zeigen, so wird der Hauptstrom bei K und L angeklemmt, der Zweigstrom bei L und an einem Reiterkontakt, oder er wird auch vermittelst beider Reiter abgenommen (Fig. 4a und b); so läßt sich der Spannungsabfall je nach der Stellung des Schiebers von $^1/_{10}$ bis $^9/_{10}$, von $^1/_9$ bis $^8/_9$ etc. der Zuleitungsspannung zeigen. Aus den vielen hier möglichen Variationen des Versuches kann man sich leicht solche

auswählen, welche am Voltmeter ganzzahlige Ausschläge oder doch leicht ablesbare Skalenbruchteile liefern. Für leichtere Übersicht aus größerer Entfernung empfiehlt es sich, dickes besponnenes Leitungskabel zu wählen, und zwar für Haupt- und Zweigstrom in verschiedenen Farben.

Der Rheostat kann in Ermangelung eines besseren auch als Modell eines Abzweigwiderstandes dienen.

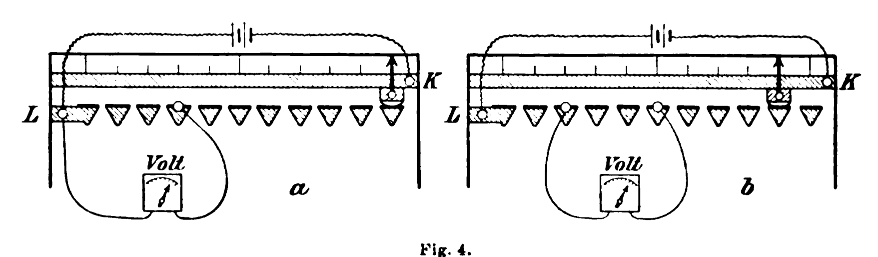


Fig. 4.

Schieberrheostat von 0—1 Ω.

An dem zu Anfang beschriebenen Brett mit der Nute sind 6 cm von der oberen Kante entfernt zwei 5 mm dicke und 3,5 cm lange, mit Schraubspindel und Doppelpreßklemmen versehene Messingklötzchen, deren Form aus Fig. 5 ersichtlich ist, im Abstand 1,8 cm voneinander angeschraubt; an diese sind die Meßdrähte in 2,3 cm gegenseitigem Abstand befestigt.

In die Nute paßt ein schwalbenschwanzförmiger Schieber *s* von 4 cm Länge mit einem rechteckigen, in der Mitte durchsägten Aufsatz von 1,7 cm Breite und 1 cm Höhe (aus Holz); an der durchsägten Stelle dieses Aufsatzes ist ein 2,3 cm langer Kupferstreifen von 1 cm Höhe eingesetzt, der die Meßdrähte leitend verbindet. Ferner ist an diesem Aufsatz ein galgenförmiger Metallbügel angeschraubt, der an seinem mittleren runden Teil eine Spiralfeder mit doppelter Blechklammer trägt, die ähnlich den Klammern der Schlipshalter eingerichtet ist und die Meßdrähte beiderseits an den Kupferstreifen drückt. Die in der Mitte vorstehenden Enden der Klammer geben beim Anfassen und Zusammendrücken den Meßdraht frei und dienen als Handgriff beim Verschieben des Schiebers; die verlängerte Spitze der einen Klammer weist als Zeiger auf die in zehn Teile geteilte Skala. Eine Feder am Fuße des Schiebers anzubringen, ist nicht ratsam, da hierdurch der leichte Gang des Schiebers behindert wird; ein an den Fuß des Schiebers geklebtes Tuchläppchen leistet bessere Dienste; auch ohne besondere Reibung wird der Schieber durch die Klammer am Meßdraht gehalten und rutscht nicht herab. Falls man gezwungen ist, den Meßdraht zu wechseln, so wählt man ihn annähernd in gleicher Dicke ($d = 0,7$ mm) und braucht dann nur die Skalenstriche umzumalen, falls man nicht eine Papierskala vorzieht; die Zahlen zu ändern, dürfte kaum nötig sein.

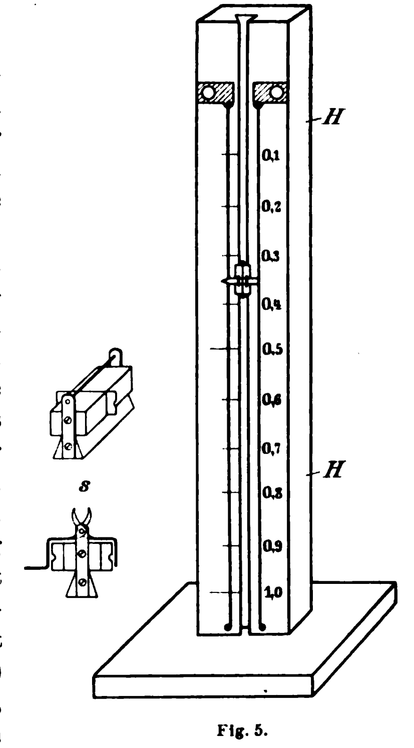


Fig. 5.

Einen Schieberrheostat von 0 bis 11 Ohm erhält man, wenn man den zuletzt besprochenen Rheostat an den früheren dransetzt, wie in Fig. 3 punktiert ange-

deutet ist; die Verbindung bei L wird durch einen 2,8 mm dicken, mit Knopf als Griff versehenen Messingbügel m hergestellt und ist vollkommen fest. Dieser bequeme und übersichtliche Rheostat dürfte für den Anfangsunterricht genügen.

Stöpselrheostat von 1 bis 210 Ohm in Stufen zu 1 Ohm.

An der Rückseite (A in Fig. 1a) des Apparats ist ein Stöpselrheostat angebracht, dessen Einrichtung aus Fig. 6 ersichtlich ist. Die Messingklötzchen sind aus einem 2 cm breiten und 5 mm dicken Stabe geschnitten; die mit Schraubspindel und Doppelpreßklemmen versehenen Endklötzchen sind um 1 cm länger als die gleich langen mittleren Klötzchen; ihr Abstand von der oberen Brettkante beträgt 6 cm. Die auf die einzelnen Dekaden bezüglichen Zahlen der Skala sind verschiedenfarbig gemalt (schwarz, rot, grün). Die Stöpsel sind kurz und weisen mit ihren Griffen auf die Zahlen der Skala; die leeren schwarzen Stöpsellöcher ($d = 7$ mm) gestatten, von weitem zu übersehen, welche Widerstände eingeschaltet sind. Die Widerstände der ersten Dekade bestehen aus blankem Manganindraht (für 1 Ω $d = 0{,}69$ mm, für 2 Ω $d = 0{,}65$ mm, für 5 Ω $d = 0{,}5$ mm), von 10 Ohm ab aus besponnenem bifilar auf Spulen gewickeltem Draht (für 10 und 20 Ω $d = 0{,}6$ mm, für 50 Ω $d = 0{,}42$ mm, für 100 Ω $d = 0{,}36$ mm).

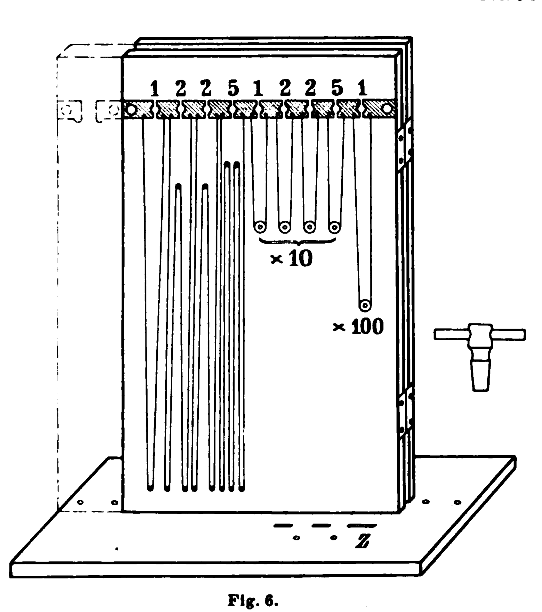


Fig. 6.

Einen Rheostat von 0 bis 211 Ohm erhält man, wenn man den Schieberrheostat von 0 bis 1 Ohm an den Stöpselrheostat setzt, wie in Fig. 6 punktiert angedeutet ist; zur Verbindung dient wieder der erwähnte Messingbügel. Durch Verbindung mit dem aufgeklappten Schieberrheostat läßt sich der Meßbereich bis 221 Ohm erweitern.

Zur Bestätigung des Ohmschen Gesetzes im Nebenschluß nach Kleiber läßt sich der Apparat überaus bequem in der in Fig. 7 angedeuteten Versuchsanordnung verwenden, die sowohl Spannung als auch Widerstand in weiten Grenzen zu ändern gestattet. Zur besseren Übersicht wählt man auch hier verschiedenfarbige Leitungskabel für Haupt- und Zweigstrom und klappt die Bretter nur so weit auseinander, daß sie einen stumpfen Winkel miteinander bilden und sich ihrem hier verschiedenen Zweck entsprechend besser voneinander abheben (ich habe die beiden vertikalen Bretter meines Apparats auch verschieden getönt lackieren lassen, gelblich-weiß und bläulich-weiß). Wählt man die Verbindungsdrähte des Zweigstromes derart, daß der Widerstand des Amperemeters zu einer ganzen Ohmzahl ergänzt wird, so kann

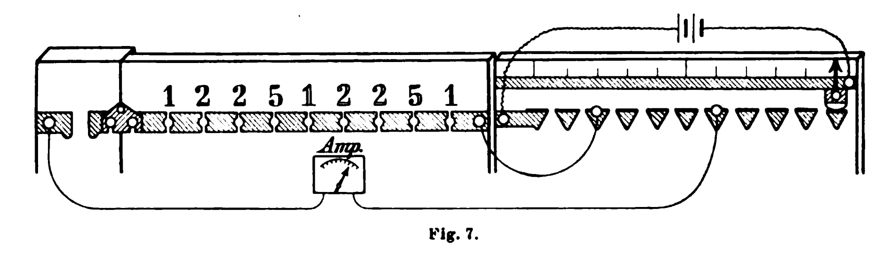


Fig. 7.

man den Rheostat für Ohm-Bruchteile fortlassen, wodurch die Versuche besonders übersichtlich und rasch vonstatten gehen; die Spannungsdifferenz kann nach Früherem vermittelst des Schiebers leicht so einreguliert werden, daß man leicht ablesbare Bruchteile oder ganzzahlige Gradausschläge des Amperemeters erzielt.

Verwendung der Flächen *B* und *C* (in Fig. 1a).

An der beim Auseinanderklappen freien Fläche *B* sind drei Paar $2 \times 3{,}4 \times 0{,}3$ cm große Messingklötzchen, mit Stöpsel- und Schraublöchern versehen (Stöpseldurchmesser 0,7 cm), nahe der oberen Kante des Brettes angebracht (cf. Fig. 8). Zwischen diesen Klötzchen sind ein *Cu*-, ein *Fe*- und ein Neusilberdraht von gleicher Länge (436 cm) und gleichem Querschnitt zickzackförmig ausgespannt. Den Querschnitt der Drähte wählte ich so, daß ich bei meiner gewöhnlichen Stromquelle (in Parallelschaltung) und Einschaltung des Kupferdrahts den größten Ausschlag meines Galvanometers erhalte. Da man zum Messen spezifischer Widerstände besser gekünstelte Versuchsanordnungen vermeidet und den Versuchsdraht direkt mit den Klemmen der Meßbrücke verbindet, so soll die hier angebrachte Vorrichtung lediglich dazu dienen, um das verschiedene Leitungsvermögen zu zeigen. Zur Verbindung mit Galvanometer und Stromquelle dienen zwei Stöpselklemmen ($d = 0{,}7$ cm), die unbenutzt in die Löcher des Grundbrettes gesteckt werden. Löcher im Grundbrett für Stöpselklemmen, Kontaktreiter und Verbindungsbügel macht man am geeignetsten vor dem Stöpselrheostat (Fig. 6 bei *Z*).

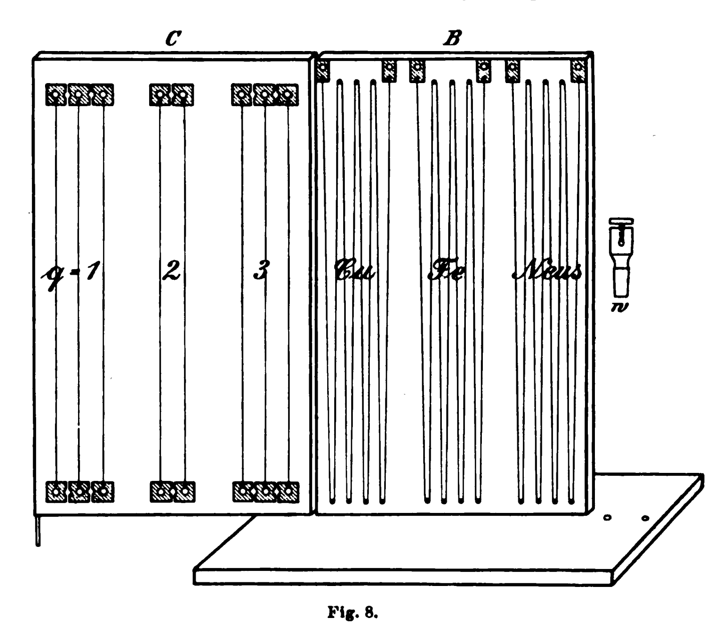


Fig. 8.

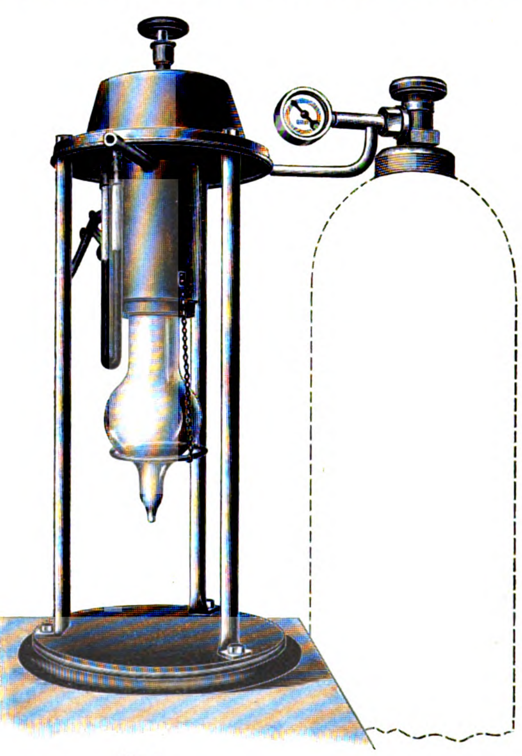
An der Fläche *C* sind 3 cm von der oberen Kante entfernt und nahe der unteren Kante 16 Messingklötzchen von $3{,}3 \times 2{,}5 \times 0{,}5$ cm Größe, mit Schraub- und Stöpsellöchern versehen, angebracht (Anordnung nach Fig. 8) und mit 50 cm langen Drähten vom Querschnitt 1, 2 und 3 bespannt (bei meinem Apparat beträgt für $q = 1$ der Durchmesser 1 mm). Unter Anwendung der beiden Stöpselklemmen und zweier Rheostatstöpsel weist man nach, daß zwei oder drei parallel geschaltete Drähte $q = 1$ denselben Widerstand haben wie ein Draht $q = 2$ oder $q = 3$; ferner kann man den Einfluß des doppelten und dreifachen Querschnitts, der doppelten und dreifachen Länge zeigen, ebenso, daß durch gleichzeitige Verdoppelung oder Verdreifachung von Länge und Querschnitt der Widerstand nicht geändert wird[1]).

[1]) Max Kohl hat mir den beschriebenen Apparat in eleganter Ausführung für M 222,75 geliefert, indem er fertig justiert den Schieberrheostat von 1 bis 10 Ohm mit M 77,00, den Schieberrheostat von 0 bis 1 Ohm mit M 46,20, den Stöpselrheostat mit M 70,55, die Bespannung der Flächen *B* und *C* mit M 29,00 einschließlich 10% Teurungszuschlag berechnete.

Über einen neuen Apparat zur Darstellung flüssiger Luft.

Von
P. Bräuer in Hannover.

Seitdem die Herstellung flüssiger Luft fabrikmäßig erfolgt, und diese zu mäßigem Preise leicht zu erlangen ist, wird man auch im Unterricht gern die zahlreichen interessanten Versuche vorführen, die sie ermöglicht. Nur die Gewinnung der flüssigen Luft selbst konnte bisher wohl nur in den Laboratorien der Hochschulen gezeigt werden, da die Kosten für die Anschaffung einer Lindeschen Maschine aus dem Etat einer höheren Lehranstalt nicht bestritten werden können.


Fig. 1.

Vor kurzem ist es nun einem in der Kältetechnik tätigen Ingenieur, Herrn P. Heylandt in Hamburg, gelungen, einen für Lehrzwecke geeigneten Apparat zu konstruieren, mit welchem sich während des Unterrichts so viel flüssige Luft erzeugen läßt — und zwar in kürzerer Zeit als mit dem Lindeschen Apparat —, als zur Anstellung der üblichen Versuche nötig ist. Da ich den Apparat bereits mehrfach im Laboratorium und auch im Unterricht benutzt und durchaus brauchbar gefunden habe, so will ich ihn im folgenden kurz beschreiben. Zum Betriebe des Apparates ist erforderlich eine Stahlflasche mit Druckluft, welche etwa 5 cbm trockne, kohlensäurefreie Luft von gewöhnlicher Dichtigkeit auf 150 Atm. komprimiert enthält. 1 cbm solcher Preßluft wird zum Preise von 0,50 M von der Hamburger Fabrik des Apparates geliefert. Der Apparat selbst ist in Fig. 1 dargestellt, Fig. 2 gibt eine schematische Abbildung. Von der Stahlflasche, die mit einem Druckmesser versehen ist, führt ein Metallrohr zu zwei hintereinander angeordneten Kühlern aus dünnem Kupferrohr. Der erste Kühler — der Vorkühler — befindet sich unmittelbar über dem eigentlichen Verflüssigungsapparat und wird von dem aus diesem entweichenden Anteil von unverflüssigter Luft umströmt. Von ihm gelangt die Luft in den glockenförmigen Aufsatz des Apparats, in welchem sich ein langes Schlangenrohr von einer Kältemischung — Schnee oder Eis mit kristallisiertem Chlorkalzium — umgeben befindet. Die Kupferspirale des zweiten Kühlers verzweigt sich in 2 je 5 m lange, sehr enge und dünnwandige Kupferröhren, die in vielen Windungen und Knickungen fast ohne Zwischenräume zu einem zylindrischen Körper geformt sind und am unteren Ende sich wieder vereinigen. Durch ein Regulierventil besonderer Konstruktion, das die auftretende Reibungswärme auf ein Minimum herabbringt, kann die Luft entweichen, doch strömt sie, wenn der Apparat arbeitet und zur Aufnahme der verflüssigten Luft unten durch ein Dewarsches Gefäß verschlossen ist, zum Vorkühler und erst dann durch ein Rohr ins Freie. Zur Beobachtung des Druckes bei der Kondensation dient ein an der Aus-

strömungsröhre befindliches offenes Wassermanometer; das Regulierventil wird so gestellt, daß dieses Manometer etwa 20—40 mm Druck angibt. Das Dewarsche Gefäß faßt etwa 300 ccm. Es wird gegen das Herabfallen durch einen an Ketten aufgehängten Messingring geschützt.

Soll der Apparat in Tätigkeit gesetzt werden, so wird er an die Stahlflasche geschraubt, wobei sorgfältig darauf zu achten ist, daß alle Verbindungen dicht sind. Man erkennt dieses daran, daß bei geschlossenem Regulierventil und bei geöffnetem Flaschenventil nirgends Luft entweicht. Sodann öffnet man schnell und ruckweise das Regulierventil, um etwaige Feuchtigkeitsspuren im Apparat zu beseitigen. Erst jetzt wird das Dewarsche Gefäß vermittelst eines Gummiringes am Apparat befestigt, die Kältemischung eingefüllt und das Regulierventil langsam geöffnet, bis das Wassermanometer den nötigen Druck anzeigt. Die Verflüssigung der Luft beginnt schon nach 4 bis 5 Minuten und kann durch den Spalt im Dewarschen Gefäß bequem beobachtet werden. Nach 20 Minuten ist der Druck in der Stahlflasche um etwa 50 Atm. gesunken; es sind dann bereits ca. 150 ccm flüssiger Luft vorhanden, ein für fast alle Versuche ausreichendes Quantum. Will man etwas flüssige Luft in ein anderes Gefäß, z. B. ein Probierglas, bringen, so verschließt man das Dewarsche Gefäß durch einen Gummistopfen mit 2 Durchbohrungen, deren eine eine heberartig gebogene Glasröhre enthält, während durch die andere ein kurzes Rohrstück mit angesetztem Ventilgummiball führt (Fig. 3). Die Gebrauchsweise ist ohne weiteres verständlich. Man vermeidet so Verluste an Flüssigkeit und bringt auch das Dewarsche Gefäß an seiner empfindlichsten Stelle nicht mit der kalten Flüssigkeit in Berührung. Für einige Versuche braucht man die Flüssigkeit überhaupt nicht aus dem Gefäß zu bringen. Z. B. stellt man feste Luft dar, indem man das Gefäß mit einem Gummistopfen verschließt, in dessen einer Durchbohrung ein unten verschlossenes, langes Glasrohr steckt, während die andere das Gefäß mit einer kräftig wirkenden Wasserluftpumpe verbindet. Durch die starke Verdunstung erniedrigt sich die Temperatur sehr erheblich unter — 200°, und sogleich verdichtet sich in dem Glasrohr die von außen lebhaft eindringende Luft zu einer schneeartigen, weißen Masse. Da man mit einem Quantum von 5 cbm Preßluft von 150 Atm. 300 ccm flüssiger Luft herstellen kann, so genügt eine Füllung der Stahlflasche zu 2maliger Darstellung einer hinreichenden Menge. Wendet man als Kältemischung festes Kohlendioxyd und Äther an, so erhöht sich die Menge der flüssigen Luft noch um etwa 50 ccm.

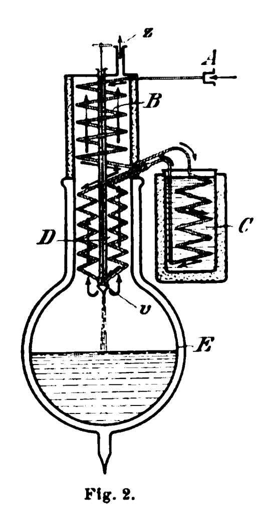
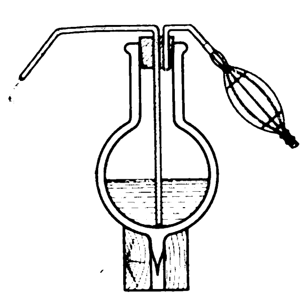


Fig. 2.


Fig. 3.

*) Der Apparat wird von der Firma P. Heylandt, Hamburg, Breitenfelder Str. 30 in verschiedenen Ausführungen geliefert und kostet 78 M — 92 M — 110 M und mit Einrichtung zur Verflüssigung von Wasserstoff 155 M. Die Abbildung 1 entspricht der Ausführung für 110 M.

Demonstrationsversuche über elektrische Kraftlinien mit Hilfe von „elektrischen Papierbüscheln“.

Von

W. Biegon von Czudnochowski, Ingenieur; Wilmersdorf.

Als einem Bestandteil von Experimentierkästen wie als Nebenapparat zu Elektrisiermaschinen begegnet man ziemlich regelmäßig dem sog. „elektrischen Papierbüschel“, welches wohl gemeinhin als Spielerei gilt und in der üblichen Ausführung auch nichts anderes ist. In geeigneterer Ausführung vermag es jedoch recht wertvolle Dienste im Unterrichte bei Erläuterung des elektrischen Kraftfeldes zu leisten, das gerade im Schulunterricht wohl noch immer nicht in dem Maße zur Geltung kommt, wie es mit Rücksicht auf die in der Praxis allgemein gültigen Anschauungen zu wünschen wäre. Es gibt nun verschiedene Methoden elektrische Kraftlinien in ähnlicher Weise zu veranschaulichen, wie die magnetischen mittelst Eisenfeilicht, doch sind die so erhaltenen ebenso wie die magnetischen Bilder einer größeren Anzahl nur schwer sichtbar zu machen, wenn man sie nicht projiziert. Hier kann man nun das Papierbüschel verwenden, das dazu folgende Form erhält, Bild 1.

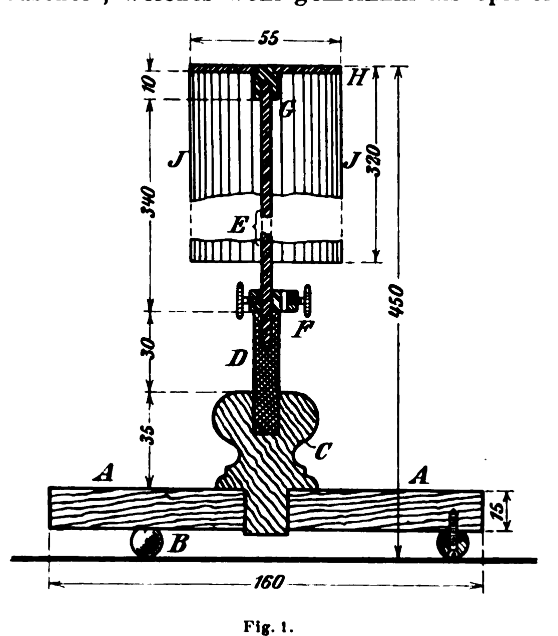


Fig. 1.

In eine kreisförmige Scheibe aus Hartholz *A*, auf 3 sog. „Kugelfüßen“ aus Messing *B* ruhend, ist ein gedrehter Holzsockel *C* eingezapft — als „Schubknopf“ = Schiebladengriff in jedem Eisengeschäft erhältlich, *A* und *B* ebenso — in den ein Hartgummistab *D* eingekittet ist; in *D* ist ein sorgfältig gerichteter Messingdraht *E* von 3 mm Durchmesser eingeschraubt, welcher oben, ebenfalls mit Gewinde, mittelst des eingesetzten — genietet und gelötet — Stückes *G* die messingne Kreisscheibe *H* trägt, auf der am Rande ringsum $\sim$ je $^3/_4$ cm breite Streifen leichten, aber nicht zu dünnen Seidenpapieres in mehreren, mindestens drei gegeneinander um je $^1/_3$ Streifenbreite versetzten Lagen derart angeklebt sind, daß sie vollkommen zwanglos frei über den rund abgestumpften Rand herabhängen, und zwar $\sim$ 20 Streifen pro Lage. Zum Anschluß ist auf *E* eine gewöhnliche Drahtverbindungsklemme *F* geschoben, deren Schrauben man durch solche mit Kugelkopf ersetzen kann, aber nicht zu ersetzen braucht. Der Holzsockel wird am einfachsten schwarz lackiert, die Metallteile poliert und mit gelbem Messinglack überzogen, das Seidenpapier wählt man am besten weiß oder gelb. Man bedarf zweier gleicher solcher Büschel.

1. Versuch: Feld eines geladenen Körpers. Man verbindet die Klemme *F* eines solchen Büschels mittelst eines mindestens 1 m langen Drahtes mit einem Pol einer Influenzmaschine, deren zweiter Pol geerdet ist; bei Betätigung der Maschine gehen die Papierstreifen auseinander, sich dabei, z. T. bis zu fast senkrecht aufwärts gerichteter Lage erhebend, nahezu gleichmäßig radial über einen kugelförmigen Raum von $\sim$ 70 cm Durchmesser verteilend.

2. Versuch: zweipoliges Feld. Bild 2. Es werden zwei Büschel in einem Abstand voneinander aufgestellt, der etwas größer ist als die doppelte Länge der Streifen, und jedes mit einem Maschinenpol verbunden; beide Büschel sträuben sich, aber auf den einander zugekehrten Seiten bleiben die Streifen nicht mehr radial, sondern neigen sich schwach gekrümmt einander zu.

3. Versuch: Feld zwischen einem geladenen und einem geerdeten Körper. Man nähert einem nach 1 aufgestellten Büschel die Hand oder eine an leitendem Stiel gehaltene Kugel; die Streifen des Büschels auf der dem genäherten Körper zugewandten Seite konvergieren nach diesem mit ihren freien Enden.

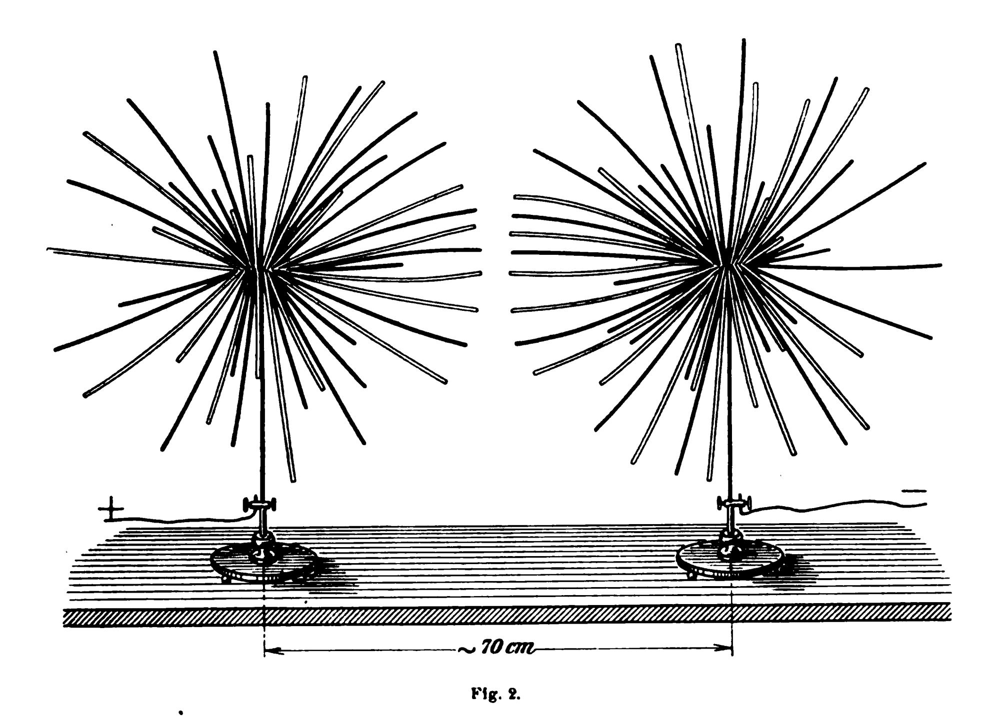


Fig. 2.

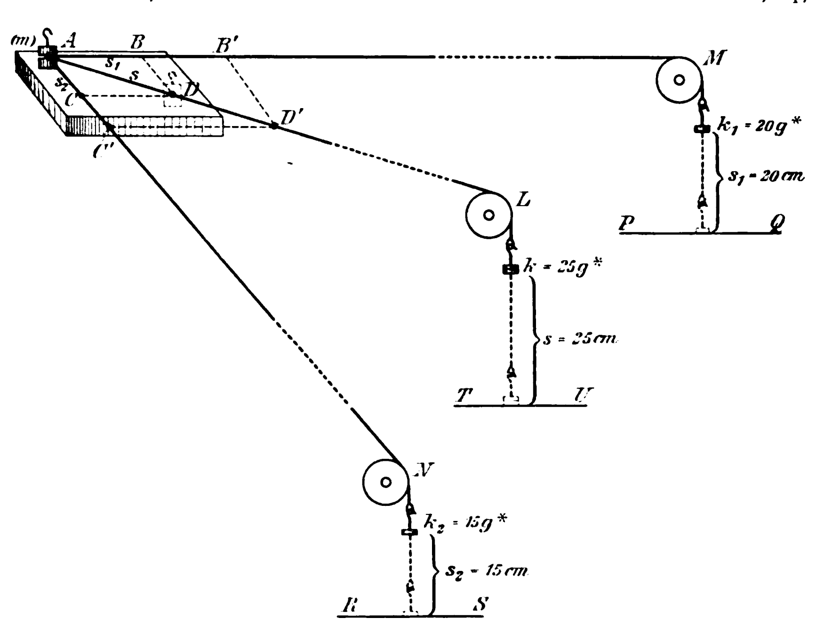
4. Versuch: Ladung durch Induktionsströme. Es wird von einer Funkenstrecke Spitze—Platte die Plattenelektrode mit einem Büschel, die Spitze mit dem beim Öffnungsinduktionsstrom positiven Pol eines Induktoriums verbunden, dessen anderer Pol geerdet ist; bei Betätigung des Apparates spreizt das Büschel wie in 1, da es nur gleichnamige Ladungen erhält.

Es lassen sich noch zahlreiche andere Demonstrationen ähnlicher Art anstellen. Der große Vorzug dieser Versuche besteht darin, daß man deutlich sichtbare Bilder ausgedehnter räumlicher Kraftfelder erhält, im Versuch 2 z. B. einen Raum von $\sim 70 \times 70 \times 140$ cm einnehmend, während die bisherigen denen zur Erzeugung magnetischer Feldbilder analogen Verfahren nur gewissermaßen Schnitte durch das Feld ergeben. Ein grundsätzlicher Unterschied besteht insofern sonst nicht, als das Seidenpapier bei richtiger Wahl eben ein so schlechter Leiter ist, daß es auch ableitend berührt bei Aufrechterhaltung der Ladung von H auf seiner ganzen Länge freie Ladungen zeigt, sonach jeder Streifen als eine Kette unmittelbar aneinander gereihter geladener Körperchen angesehen werden kann, wie sich solche bei den anderen Verfahren beim Versuche durch Aneinanderlagerung erst bilden. Es sei noch bemerkt, daß bei sorgfältiger Anfertigung schon Influenzmaschinen kleinsten Typs — 22 cm Scheibendurchmesser — vollkommen zur Benutzung von Büscheln der angegebenen Größe ausreichen.

Noch einmal der Kräfteparallelogramm-Versuch.

Von
Professor Dr. **Emil Schulze** in Berlin.

In dem von mir im Juliheft beschriebenen Kräfteparallelogramm-Versuch sind als konstante Kräfte Gewichte gewählt worden. Weil diese Wahl gewisse nicht zu vermeidende Schwierigkeiten im Gefolge hat und die Ursache von Mißverständnissen gewesen ist, will ich nachträglich hierauf näher eingehen. Der Übelstand besteht darin, daß die auf die Masse m einwirkenden Gewichte k, k_1, k_2 nicht nur die Masse m, sondern auch die eigenen Massen μ, μ_1, μ_2 in Bewegung setzen.



Wirken die beiden Kräfte k_1 und k_2 gleichzeitig auf die Masse m t Sekunden lang ein, so hat jede Kraft das System der 3 Massen m, μ_1, μ_2 fortzubewegen; die Wegekomponenten sind also

$$s_1 = \frac{1}{2} \frac{k_1}{m + \mu_1 + \mu_2} \cdot t^2,$$

$$s_2 = \frac{1}{2} \frac{k_2}{m + \mu_1 + \mu_2} \cdot t^2.$$

Um die Größe dieser Komponenten durch den Versuch zu ermitteln, darf man nicht den einen Faden abhaken und nur eine der beiden Kräfte auf die Masse m t Sekunden lang wirken lassen, denn in diesem Falle ist nur ein System von 2 Massen zu bewegen; die Wege sind jetzt

$$s_1' = \frac{1}{2} \frac{k_1}{m + \mu_1} \cdot t^2, \qquad s_2' = \frac{1}{2} \frac{k_2}{m + \mu_2} \cdot t^2,$$

sind also nicht die Wegekomponenten. Die Wahl von Gewichten als konstanten Kräften hat demnach den Übelstand im Gefolge, daß diese Einzelwege nicht als Wegekomponenten angesehen werden dürfen. Nur für den Fall, daß m im Vergleich zu μ_1 und μ_2 sehr groß ist, ist das erlaubt. Dieser Fall liegt bei dem im Juliheft beschriebenen Hauptversuche vor. Um das Wägelchen durch die Kraft $k_1 = 20$ g* in einer Sekunde 20 cm weit fortbewegen zu lassen, mußte es so beladen werden, daß seine Masse etwa 470 Gramm betrug, denn $20 = \frac{1}{2} \frac{20 \,.\, 980}{470 + 20} \cdot 1^2$ (zur Beseitigung des Reibungswiderstandes ist eine geringe Schrägstellung der Rollfläche nötig). Bei dieser großen Masse m ist der Unterschied von s_1 und s_1', ebenso von s_2 und s_2' so gering, daß ich ihn im Juliheft nicht berücksichtigt habe. Bei einer kleinen Masse ist dagegen der Unterschied bedeutend.

Mir ist der Einwurf gemacht worden, daß eine sehr winzige Masse auf der Halbierungslinie AE des von den Kräften k_1 und k_2 eingeschlossenen Winkels sich bewegen müsse, da ja das 15-Grammstück ebenso schnell fällt wie das 20-Grammstück; meine Behauptung, daß m sich auf der Diagonale AD bewegt, sei ein Irrtum.

Der Einwurf würde berechtigt sein, wenn s_1' und s_2' die Wegekomponenten von s wären. Der Versuch, der leicht genug anzustellen ist, gibt entscheidende Auskunft. Die Masse m gleitet nun einmal nicht längs AE, mag sie noch so winzig sein.

Im Juliheft ist schon im Vorversuch, wo die Gewichte eine kleine Masse ins Gleiten bringen, das Wegeparallelogramm hervorgerufen, doch dürfte es ratsamer sein, durch den Vorversuch nur die Richtung des von der gleitenden Masse eingeschlagenen Weges festzustellen, Wege- und Kräfteparallelogramm aber erst durch den Hauptversuch zur Darstellung zu bringen. Im Hauptversuche zeige man, daß das Wägelchen in einer Sekunde mittels der Kraft $k_1 = 20\,g^*$ den Weg $AB = 20$ cm, mittels der Kraft $k_2 = 15\,g^*$ den Weg $AC = 15$ cm und mittels beider Kräfte den Weg $AD = 25$ cm zurücklegt. Man mache darauf aufmerksam, daß die Gewichte außer der Masse m auch die eigenen Massen zu bewegen haben; da letztere jedoch im Vergleich zur Masse des Wägelchens sehr gering sind, so dürfen die vorhin gefundenen Wege AB und AC mit großer Annäherung als die Wegekomponenten gelten. Bestätigt wird das durch Feststellung der Wege der gleichzeitig sinkenden Gewichte, die ebenfalls gleich 20 cm und 15 cm gefunden werden und offenbar stets genau gleich den Wegekomponenten sind, wie groß oder wie klein auch die Masse m ist. Endlich läßt man das Wägelchen in der Richtung der Diagonale durch das Gewicht $k = 25\,g^*$ ziehen und beobachten, daß auch jetzt nach einer Sekunde derselbe Weg wie vorhin $AD = 25$ cm (wenigstens mit großer Annäherung; die zu ziehende Masse ist jetzt $m + 25$) zurückgelegt wird.

In den bisher beschriebenen Versuchen ist für den Winkel α, den die Kräfte k_1 und k_2 einschließen, ein Rechter gewählt worden; für diesen besonders einfachen Fall sind die Wege der sinkenden Gewichte zugleich die Wegekomponenten. Es lohnt sich, wenigstens einen Versuch anzustellen, wo α ein beliebiger Winkel ist. Für diesen allgemeinen Fall wird das Sinken des einen Gewichts durch die Kraft $k_1 + k_2 . \cos\alpha$, des andern durch die Kraft $k_2 + k_1 . \cos\alpha$ bewirkt, und daher sind jetzt die in der Zeit t zurückgelegten Wege der sinkenden Gewichte

$$\sigma_1 = \frac{1}{2}\,\frac{k_1 + k_2 . \cos\alpha}{m + \mu_1 + \mu_2} . t^2, \qquad \sigma_2 = \frac{1}{2}\,\frac{k_2 + k_1 . \cos\alpha}{m + \mu_1 + \mu_2} . t^2.$$

Ein Vergleich dieser Werte mit denen von s_1 und s_2 führt zu den Gleichungen

$$\sigma_1 = s_1 + s_2 . \cos\alpha, \qquad \sigma_2 = s_2 + s_1 . \cos\alpha.$$

Die Gleichungen ergeben sich übrigens auch, wenn man berücksichtigt, daß, sehr lange Fäden vorausgesetzt, $MA = MD + s_1 + s_2 . \cos\alpha$, $NA = ND + s_2 + s_1 . \cos\alpha$ ist.

Die Formeln lassen eine Prüfung durch den Versuch in bezug auf ihre Richtigkeit zu. Ich wählte $k_1 = 30\,g^*$, $k_2 = 15\,g^*$, $\alpha = 120^0$, $\sigma = 18$ cm. Aus $\frac{s_1}{s_2} = \frac{k_1}{k_2}$ folgt $s_1 = 2\,s_2$, daher ist $\sigma_2 = 0$, $\sigma_1 = \frac{3}{4}\,s_1$. Die Wegekomponenten sind also $s_1 = 24$ cm, $s_2 = 12$ cm, und hieraus ergibt sich $s = \sqrt{s_1^2 + s_2^2 + 2\,s_1\,s_2 \cos\alpha} = 20{,}8$ cm. Der Versuch ergab $\sigma_2 = 1{,}5$ cm, $s = 21$ cm. Die Fäden müssen, damit befriedigende Übereinstimmung mit der Rechnung erzielt wird, so lang als der Klassenraum es irgend gestattet, genommen werden.

Da die Verwendung der Gewichte als Kräfte Schwierigkeiten bereitet hat, könnte man sich nach einem Ersatz umsehen und z. B. elastische Kräfte auf die Masse m wirken lassen, doch sind sie schon aus dem Grunde ungeeignet für den Fundamentalversuch, weil sie veränderlich sind. Immerhin ist der Versuch an sich interessant. Die im Juliheft empfohlenen Maeyschen Spiralen, die durch eine Kraft von 10 g^* um 1 cm verlängert werden, eignen sich hierzu recht gut.

Läßt man durch das Zurückschnellen der Feder ein beladenes Wägelchen von der Masse m von A nach B ziehen, so wird, da die Bewegung eine harmonische ist,



dazu die Zeit $T = \frac{\pi}{2} \cdot \sqrt{\frac{m}{10\,g}}$ gebraucht; diese Zeit ist unabhängig von der durchlaufenen Strecke AB oder, was dasselbe, von der Strecke, um die die Feder zurückgeschnellt ist. Für $m = 1000$ g z. B. ist $T = \frac{1}{2}''$; der Versuch ergibt trotz entsprechender Schrägstellung der Rollfläche einen etwas größeren Wert, hauptsächlich wohl, weil die Reibung der zurückschnellenden Feder an der Hülse die Bewegung etwas verlangsamt.

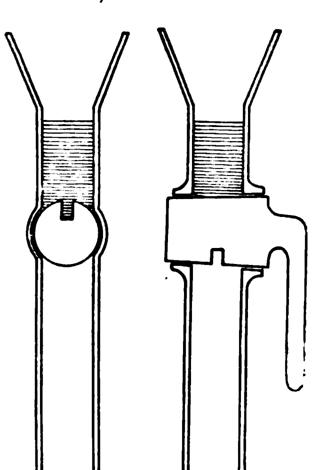
Bringt man jetzt die Masse $m = 1000$ Gramm von A aus durch das Zurückschnellen zweier Maeyscher Spiralen, von denen die eine um s_1 cm, die andere um s_2 cm ausgezogen ist, in Bewegung, so legt sie nach etwas mehr als einer halben Sekunde den Weg AD zurück, wo AD der Richtung und Größe nach gleich der Diagonale des aus s_1 und s_2 konstruierten Parallelogramms ist. Die Fäden müssen aus den früher angegebenen Gründen möglichst lang genommen werden. Läßt man endlich die Masse m durch das Zurückschnellen einer Spirale, die um die Strecke AD ausgezogen ist, in der Richtung der Diagonale sich bewegen, so wird sie auch jetzt den Weg AD in etwas mehr als einer halben Sekunde zurücklegen.

Kleine Mitteilungen.

Apparat zum Nachweise der Spannkraft von vergasten Flüssigkeiten in der Torricellischen Leere.

Von **Cölestin Krupka**, Realschulprofessor in Wien.

Eine Glasröhre von 1 qcm Querschnitt und 90 cm Länge ist an dem einen Ende zu einem Trichter erweitert (s. Fig.) und unterhalb desselben mit einem Absperrhahn versehen. Dieser Absperrhahn hat die Besonderheit, daß er nicht vollständig durchbohrt ist, sondern nur ein eingeschliffenes Grübchen mit dem Hohlraum von 10 cmm besitzt. Um die Torricellische Leere zu bekommen, füllt man die Glasröhre mit Hilfe eines kleinen, in das zylindrische Ende einführbaren Trichters mit reinem Quecksilber, verschließt nach Entfernung des Trichters die Öffnung der ganz angefüllten Röhre mit einem Finger, wendet dieselbe und gibt sie unter Quecksilber wieder frei. Der an der Glasröhre angebrachte Trichter ist dazu bestimmt, die Flüssigkeit (Wasser, Alkohol, Äther) aufzunehmen, welche man in das Vakuum bringen will. Gießt man eine kleine Menge dieser Flüssigkeit ein und dreht nachher den Absperrhahn so weit, daß das Grübchen mit der Flüssigkeit kommuniziert, so wird sich dasselbe, weil es luftleer war, vollständig mit Flüssigkeit anfüllen. Wird der Absperrhahn weiter um 180° gedreht, so kommt die kleine Flüssigkeitsmenge ins Vakuum und wird daselbst in kürzester Zeit vergasen und infolge ihrer Spannkraft das Quecksilber herabdrücken. Das Füllen und Einführen ins Vakuum kann man einige Male wiederholen, dann wird sich, weil die Sättigungsgrenze erreicht ist, die vergaste Flüssigkeit zum Teile wieder kondensieren. Dies gestattet, auf bequeme Weise die fundamentalen Versuche mit gesättigten Dämpfen zu demonstrieren. Ist der Hohlraum des Grübchens auf irgendeine Weise bestimmt worden, so ist man in der Lage, die Menge der Flüssigkeit, welche im Vakuum vergast worden ist, genau anzugeben. Beim Versuche mit Äther muß der Absperrhahn statt mit der üblichen Vaselinschmiere mit Glyzerin gedichtet werden. — Dieser Apparat wird in



anerkennenswerter Vollkommenheit vom Glasbläser Woytaček in Wien ausgeführt. Ein kompletter Apparat mit 4 graduierten Röhren und Eisenstativ kostet K 92,—, eine Röhre allein ohne Teilung K 6,—.

Über die Polarisation durch Reflexion.

Von **S. Henrichsen** in Kristiania.

Es hat immer seine Schwierigkeiten, die Polarisation durch Reflexion für ein Auditorium zu demonstrieren. Der ursprüngliche Nörrembergsche Apparat erlaubt ja nur subjektive Beobachtung. Und die für objektive Darstellung benutzten Instrumente sind, soviel ich weiß, immer so eingerichtet, daß der Polarisator feststeht, während der Analysator gedreht wird, wobei der Lichtstrahl im Raume herumkreist. Es wäre ein großer Vorteil, wenn man den doppelt reflektierten Lichtstrahl stets in derselben Richtung festhalten und auf einen Schirm projizieren könnte. Um dies zu erreichen, braucht man nur den Analysator festzuhalten und den Polarisator zugleich mit der Lichtquelle zu drehen. Ich werde im folgenden einen Apparat beschreiben, wo diese Anordnung durchgeführt ist.

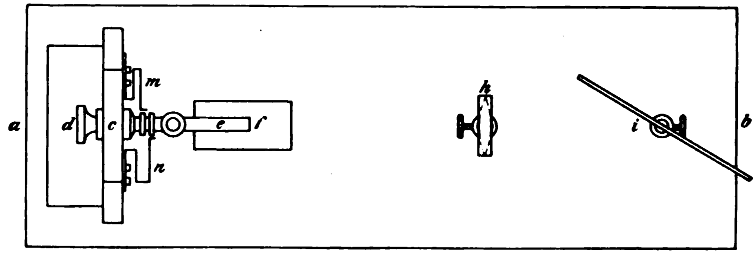


Fig. 1.

Ein hölzernes Brettchen *a b* von 45 cm Länge trägt eine vertikale Wand *c*. Durch den oberen Teil dieser Wand geht eine drehbare Stange *d e*, die den Polarisator *f* und die Lichtquelle *g* trägt. *h* ist eine kleine Linse von ungefähr 12 cm

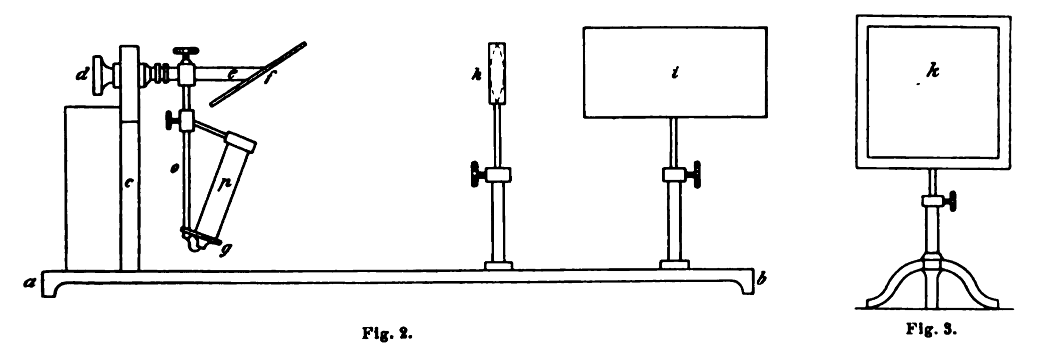


Fig. 2. Fig. 3.

Brennweite, *i* der Analysator. Mit Hilfe der Linse wird ein reelles Bild der Lichtquelle auf einen kleinen Schirm *k* projiziert. Beim Drehen des Polarisators sieht man dieses Bild abwechselnd hell und dunkel werden. Der Polarisator muß möglichst genau im richtigen Winkel befestigt werden. Ein kleiner Fehler kann dadurch berichtigt werden, daß die Lichtquelle auf der Stange *o* verschiebbar ist. Die Stellungen der Lichtquelle, der Linse und des Analysators müssen ausprobiert werden. Wenn der Polarisator nicht genau den richtigen Winkel hat, so ist es nicht zu vermeiden, daß das Bild während der Drehung einen kleinen Kreis auf dem Schirme beschreibt. Als Lichtquelle benutze ich die kleine Glühlampe, die zu einer elektrischen Taschenlaterne gehört. Den Strom liefern 3 kleine Trockenelemente, die hinter der Wand aufgestellt und mit einem Kästchen bedeckt sind. Gewöhnlich ist die

Spannung dieser Elemente ein wenig zu groß, so daß die Lampe schnell durchbrennt. Man muß dann ein Stück dünnen Drahtes als Widerstand einschalten. Die Leitungen führen zu einem an der Wand angebrachten Stromschließer und von da zu zwei Federn *m* und *n*, die auf Kontaktringen schleifen. Von den Ringen sind die Drähte durch das Messingröhrchen *o* zu der Lampe geführt. Ein undurchsichtiges Rohr *p* muß über der Lampe angebracht werden, damit kein falsches Licht auf den Schirm fällt. Am unteren Ende sollte man einige kleine Einschnitte machen, damit die Schüler die Bewegung der Lampe verfolgen können.

In dieser Ausführung ist der Apparat sehr handlich, gibt aber keine große Lichtstärke. Doch kann der Lichtfleck auf dem Schirme bei guter Verdunkelung in einigen Metern Entfernung gut wahrgenommen werden. Für ein großes Auditorium wäre es wohl angezeigt, eine kräftigere Lampe zu benutzen. Dann muß allerdings der ganze Apparat in größern Dimensionen ausgeführt werden.

Zur Demonstration des Regenbogens.

Von **H. Schülepp** in Göttingen.

Im folgenden soll eine Versuchsanordnung zur Demonstration des Regenbogens beschrieben werden, wie ich sie nach Anleitung von Herrn W. Volkmann ausgeführt habe.

Da bei den Brechungen und Reflexionen im Regentropfen nur diejenigen Strahlen ins Auge gelangen, welche in der durch Auge, Mittelpunkt des Tropfens und Sonne bestimmten Ebene liegen, genügt es, den Strahlengang in dieser Ebene oder also die Verhältnisse an einem Zylinder zu betrachten[1]). Eine Demonstration mit einer Kugel dürfte schon aus pädagogischen Gründen nicht zweckmäßig sein. Fängt man die aus der Kugel tretenden Strahlen auf einem Schirm auf, so erscheint ein Bild, welches in jeder Beziehung dem Regenbogen ähnlich sieht. Das sollte aber vermieden werden, weil dieses objektive Bild in ganz anderer Weise entsteht als das rein subjektive beim Regenbogen.

Die Versuchsanordnung ist aus dem Grundriß Fig. 1 zu ersehen. Als Wasserzylinder verwendet man ein möglichst großes zylindrisches Gefäß *G*, z. B. von 30 cm Durchmesser und von mäßiger Wandstärke, weil bei dünnem Glase die doppelten Reflexionen weniger stören. Auf dieses läßt man ein schmales Bündel von parallelen Lichtstrahlen fallen und fängt auf einem Schirm *Sch* das austretende Licht auf.

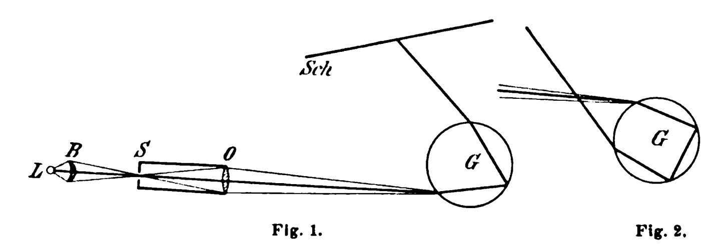


Fig. 1. Fig. 2.

Ein hinreichend paralleles Strahlenbündel erhält man mit dem Kollimator irgend eines Spektralapparates. Durch die Linse *B* wird der senkrecht gestellte Spalt *S* des Kollimators *SO* möglichst hell beleuchtet. Die beiden Linsen *B* und *O* werden vollständig ausgenutzt, wenn sich die Abstände *SB* und *SO* wie die Linsendurchmesser verhalten. Mit dem Kollimator entwirft man an der Stelle des Wassergefäßes *G* ein scharfes Bild des Spaltes. Die Entfernung *OG* soll möglichst groß sein, jedenfalls nicht weniger als 3 m betragen. Ist der Durchmesser des Objektives *O* etwa 3 cm, so divergieren dann die in einem Punkt von *G* auftreffenden Strahlen nur um $^1/_2{}^0$, also gerade gleich viel wie bei der Verwendung von Sonnenlicht. Diese Divergenz

[1]) Eine ausführliche Darstellung des Strahlenganges findet man bei Müller, Bd. 20, S. 297 d. Zeitschr.

ist übrigens gar kein Nachteil, weil sie für den Versuch genau die gleiche Wirkung hat wie die Ausdehnung der Sonnenscheibe für den Regenbogen. Der Abstand des Schirmes *Sch* vom Gefäß *G* soll nur etwa 1,5 m betragen. Die Dispersion ist dann vollkommen ausreichend, und die Fehler des Glases machen sich weniger bemerkbar.

Durch Verschieben des Wassergefäßes senkrecht zum Lichtbündel läßt sich die Einfallsstelle des Lichtes sehr leicht variieren. Läßt man es wie in Fig. 1 eintreten, so gelangen auf den Schirm die Strahlen, welche den Hauptregenbogen bilden; verschiebt man dagegen das Gefäß wie in Fig. 2, so erscheinen auf dem Schirm die Strahlen, welche dem Nebenregenbogen entsprechen.

Für den Hauptregenbogen ergibt der Versuch nun folgendes: Beträgt der Einfallswinkel etwa 60°, so zeigt sich auf dem Schirm ein schmales, scharfes und helles Spektrum. Wird die Einfallsstelle des Lichtes dann nach der einen oder nach der andern Seite verschoben, so verschiebt sich das ganze Spektrum in der Richtung des violetten Endes, und die Farben werden verschwommen, so daß schließlich nur noch das rote Ende farbig erscheint, das übrige aber in einen weißlichen Streifen zerfließt. Dies rührt von der Divergenz der eintretenden Strahlen her. Man macht die verschiedene Stellung der einzelnen Spektren dadurch sichtbar, daß man auf dem Schirm an der Stelle des roten Endes des scharfen Spektrums eine Marke anbringt. Ebenso werden diese Stellungsunterschiede deutlich, wenn man das Wassergefäß gleichmäßig verschiebt, so daß rasch nacheinander die einzelnen Spektren auf dem Schirm erscheinen. Dabei läßt sich die Bewegung des roten Endes leicht verfolgen; sie ändert an der Stelle des scharfen Spektrums die Richtung.

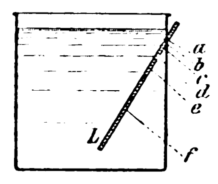


Fig. 3.

Wenn das Glas des Gefäßes nur sehr geringe Unregelmäßigkeiten besitzt, so lassen sich auch alle einzelnen Teile des Versuches gleichzeitig sichtbar machen. Man stellt zu diesem Zwecke den ziemlich eng genommenen Spalt des Kollimators ein wenig schief und läßt den oberen Teil des Lichtbüschels gerade streifend auf das Gefäß *G* fallen, den unteren etwa in der Mitte desselben. Fig. 3 zeigt das Gefäß mit dem auffallenden Lichtstreifen *L* vom Kollimator aus gesehen. Auf dem Schirme erscheint dann ein Bild wie es Fig. 4 andeutet. Zwischen *c* und *e* erscheinen horizontale, scharfe und helle Spektren. Weiter oben und unten werden dieselben verwaschen wegen der Divergenz der Strahlen, welche die entsprechenden Lichtbündel bilden. Zugleich nimmt die Intensität ab, je weiter man sich von der Stelle *d* entfernt. Dies läßt sich leicht erklären. Fig. 5 stellt das Wassergefäß im Grundriß und den Gang der mittleren Strahlen der Lichtbündel *b* und *f* dar. Das Bündel *b* wird an den Grenzen *I* und *III* sehr stark geschwächt, weniger bei *II*. Rückt die Einfallsstelle von *B* über *D* gegen *F*, so nimmt die Schwächung bei *I* und *III* ab, diejenige bei *II* aber zu, und diese letztere erklärt dann auch die große Schwächung für das

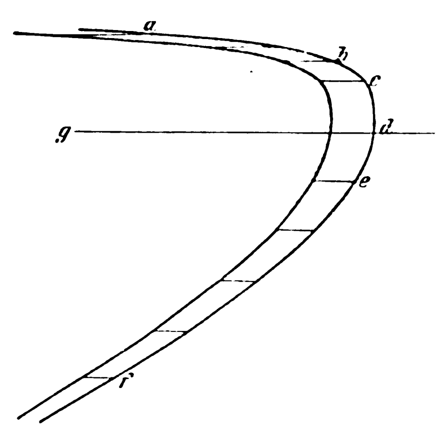


Fig. 4.

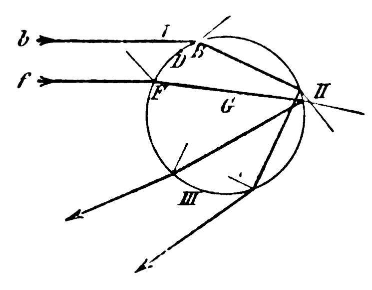


Fig. 5.

Lichtbündel *f*. Zwischen *B* und *F* gibt es ein Minimum für die Schwächung und dieses liegt, wie die oben angegebene Verteilung der Intensität zeigt, in der Gegend von *D* (Lichtbündel *d*).

Dreht man den Spalt des Kollimators horizontal, so zieht sich das Bild auf einen schmalen Streifen längs der Geraden *g* (Fig. 4) zusammen. Derselbe zeigt an seinem rechten Ende ein etwas verwaschenes Spektrum, an das sich nach links ein weißlicher Streifen anschließt. Eine Senkrechte zu *g* in Fig. 4 gibt diejenigen Strahlen, welche sich bei horizontalem Spalt überdecken und zu einer Mischfarbe zusammentreten. Diese Farben bilden die Grundlage zur weiteren Erklärung. Der Versuch zeigt nämlich, daß zu jedem Ablenkungswinkel eine ganz bestimmte Farbe gehört. Mit dieser Erfahrung läßt sich dann das subjektive Bild des Regenbogens in bekannter Weise konstruieren.

Es sei noch eine Bemerkung zu der oben zitierten Abhandlung von Herrn Müller gestattet. Dort wird der weiße Regenbogen durch die Übereinanderlagerung der verschiedenen Farben erklärt. Bei dem von uns betrachteten Versuch ist diese Mischung in allen Fällen eine noch stärkere und wenn trotzdem ein Spektrum sichtbar bleibt, so kann die von Herrn Müller gegebene Begründung nicht ausreichend sein. Man wird wohl auf eine Erklärung des weißen Regenbogens ohne Berücksichtigung der Beugungserscheinungen verzichten müssen.

Die „Achse" des sphärischen Hohlspiegels[1]).

Von Professor Dr. P. Weinmeister in Leipzig.

In allen mir zugänglichen Lehrbüchern der Physik habe ich beim sphärischen Hohlspiegel als eine besonders bemerkenswerte Linie dessen Achse erwähnt gefunden. Sie wird überall, inhaltlich gleichlautend, als die Linie bezeichnet, die den sphärischen, auf der Kugeloberfläche liegenden Mittelpunkt (*M*) des Spiegelrandes mit dem Kugelmittelpunkt (*C*) verbindet. Auf dieser Achse wird — mindestens anfangs — der leuchtende Punkt (*L*) angenommen, auf ihr daher auch sein Bild (*B*) bestimmt. Jedenfalls aber werden nur solche unter einander parallele Strahlen untersucht, die parallel zu dieser Achse (*CM*) sind, oder es werden wohl gar überhaupt nur die Strahlen, die mit der Achse des Spiegels parallel auf ihn fallen, als Parallelstrahlen bezeichnet, und mit Bezug auf diese heißt es dann: Parallelstrahlen, d. h. zur Achse parallele Strahlen, gehen nach der Reflexion am Spiegel durch einen und denselben Punkt seiner Achse, den Brennpunkt des Spiegels. So liest man in den Lehrbüchern.

Aber ist nicht jene Achse einfach ein Radius wie andere Radien? Dann ist aber nicht einzusehen, inwiefern er eine Bevorzugung verdient. Das ergibt doch auch die Tatsache, daß man auf jedem andern Radius zu genau demselben Ergebnis kommt. Ist nämlich *L* ein ganz beliebiger leuchtender Punkt vor dem Spiegel, so ziehe man durch *L* und den Kugelmittelpunkt *C* eine Gerade, deren Schnittpunkt mit der Spiegelfläche *S* heißen möge; alsdann liegt auf dieser Geraden das Bild *B* des leuchtenden Punktes *L* als vierter harmonischer Punkt zu *L*, *C* und *S*, zugeordnet zu *L*. Dieser Satz gilt doch nicht etwa bloß, wenn *S* der sphärische Mittelpunkt (*M*) der Spiegelkalotte ist. Und wenn ein leuchtender Gegenstand aus vielen einzelnen leuchtenden Punkten $L_1, L_2, \ldots$ besteht, so findet man als Bilder B_1 auf $L_1 C S_1$, B_2 auf $L_2 C S_2, \ldots$ Endlich muß es heißen: Beliebig unter einander parallele Strahlen gehen nach der Reflexion am Spiegel durch einen und denselben Punkt desjenigen von ihnen, welcher durch den Kugelmittelpunkt gegangen ist und somit einen Radius enthält. Dieser Punkt, der den betreffenden Radius (CS_1) halbiert, heißt sein (d. i.

[1]) *Anmerkung der Redaktion.* Denselben Gegenstand hat auch Dvořák in einem gleichzeitig eingelaufenen Aufsatz berührt, der bereits im vorigen Heft (S. 281 ff.) veröffentlicht worden ist.



des Radius) Brennpunkt (F_1). Der sphärische Hohlspiegel hat also zwar nur eine einzige Brennweite $f = r/2$, aber unendlich viele Brennpunkte, auf jedem Radius einen, also eine Brennfläche als Ort des Brennpunktes in Gestalt einer konzentrischen Kalotte von halber Radiuslänge. Wer einen Hohlspiegel so hält, daß Sonnenstrahlen auf ihn fallen, und ihn dann hin und her dreht, sieht deutlich, wie der Brennpunkt auf jener Fläche hin und her läuft.

Die Betrachtung über den sphärischen Hohlspiegel wird oft eingeleitet: Der Hohlspiegel werde begrenzt von einem Kreise. Unter dieser Voraussetzung ist natürlich die Definition der angeblichen Achse überhaupt möglich. Aber wenn nun die Randlinie kein Kreis ist, sondern eine unregelmäßig verlaufende Linie (ohne sphärischen Mittelpunkt), ist dann das Stück Kugelfläche kein sphärischer Spiegel? Oder wenn er ein Hohlspiegel in obigem Sinne war, und es wird am Rand ein Stück ausgebrochen, ist er dann keiner mehr? —

Ob man bei der sog. Achse des sphärischen Hohlspiegels an den parabolischen Spiegel oder an die sphärische Linse gedacht hat, die natürlich optische Achsen haben, weiß ich nicht. Auch als besondere Rotationsachse läßt sich jene Achse nicht rechtfertigen, da jeder andere Radius ebensogut als solche dienen kann.

Kleinere chemische Unterrichtsversuche und Notizen.

Von **O. Ohmann** in Berlin.

1. Abkühlung von Flammen unter die Entzündungstemperatur. Zur Demonstration der Erscheinung, daß Flammen durch Metalle unter die Entzündungstemperatur abgekühlt werden können, verwendet Rüdorff-Lüpke (15. A., S. 53) brennendes Terpentinöl (in einem etwas ungewöhnlichen, mit der Hand gehaltenen Ausgußgefäß), das in ein besonderes Gefäß mit Siebboden gegossen wird. Im Heumann-Kühling (3. A., S. 544) wird derselbe Versuch mit gleicher Umständlichkeit beschrieben, doch wird auch noch Alkohol erwähnt. Der Versuch kann wesentlich einfacher gestaltet werden. Man entzündet die Flüssigkeit in einem Porzellanschälchen, das man mit der gewöhnlichen Greifzange faßt, und gießt sie einfach auf ein Drahtnetz (Fig. 1). Es bedarf nicht einmal eines engmaschigen Messingdrahtnetzes, es genügt ein Eisendrahtnetz von mittlerer Enge (bei größerer Weite lege man zwei Drahtnetze übereinander). Als Versuchsflüssigkeit ist das stark rußende Terpentinöl weniger geeignet, auch ist die Entzündbarkeit nicht so ausgeprägt und bekannt. Alkohol ist schon mehr zu empfehlen. Am überzeugendsten wirkt aber der Versuch, wenn man gerade besonders leicht entzündliche, „feuergefährliche“ Stoffe verwendet. Es gelingt nämlich der Versuch auch mit Schwefelkohlenstoff und mit Benzin. Besonders empfiehlt sich der Versuch mit Benzin.

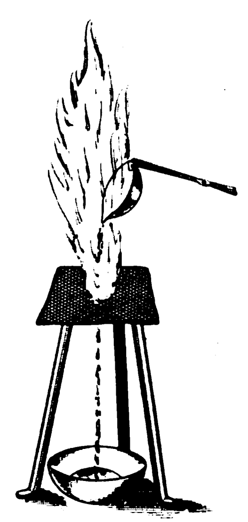


Fig. 1.

2. Stalaktiten und Stalagmiten. Bei der Durchnahme des Calciumkarbonates bespricht man wohl allgemein die Abscheidung desselben in den Tropfsteinhöhlen und erwähnt die Stalaktiten und Stalagmiten. Wenn nun auch klar erläutert wird, daß die aufwärts gerichteten Säulen Stalagmiten, die abwärts hangenden Stalaktiten genannt werden, so stellen sich doch bald Verwechselungen ein. Hiergegen schützt folgendes mnemotechnische Mittel. Man zeichne (schematisch) einige Tropfsteine (s. Fig. 2) und zeige, daß die herabhangenden

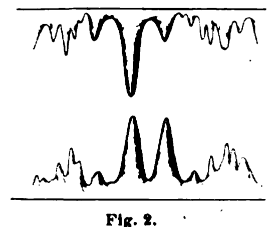


Fig. 2.

Stalaktiten neben anderen Formen öfters ein lateinisches T auftreten lassen (nie aber ein M), daß dagegen die aufwärts gerichteten Stalagmiten öfters ein M erkennen lassen (nie aber ein T).

3. **Bestimmung des relativen Gewichts des Stickstoffs bei der Luftuntersuchung.** Der von mir in dieser Zeitschr. (*X*, *172*; *XI*, *268*) beschriebene Magnetversuch kann in etwas abgeänderter Anordnung auch dazu dienen, das relative Gewicht des Luftrestes (Stickstoffs) im Vergleich zur Luft zu ermitteln. Da der Versuch mehrfach Anklang gefunden hat — er ist auch in der neuen Auflage des Heumann beschrieben (aber ohne daß die Zeitschrift als Quelle angegeben wird) —, so möchte ich zunächst einige Verbesserungen nachtragen. Der Querstab *Q* (Fig. 3 a. a. O., ebenso untenstehende Fig. 4) wird zweckmäßig mit zwei Schlauchstücken überzogen, wie es Fig. 3 zeigt; an der schlauchfreien Stelle hängt dann der Magnet sicher, während die an den Seiten überstehenden Endstücke eine stabile Befestigung beim Einklemmen gewähren.

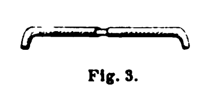


Fig. 3.

Man passe die Länge des Querholzes so ab, daß es möglichst weit oben angebracht werden kann, was besonders für den nachstehenden Versuch von Wert ist; man kann aber auch um so besser mit der Glühnadel operieren und die Entzündung vornehmen, je höher der Magnet hängt (letzteren erst noch an einem besonderen Aufhängestück zu befestigen — wie im Rüdorff-Lüpke der Versuch abgeändert ist — ist nicht empfehlenswert). Die zur Schonung des Magneten angebrachten Asbestpapierstückchen (*a*, Fig. 3 a. a. O.) fallen besser fort, da die Magnetstärke durch den Versuch kaum geschwächt wird. Man verwendet am besten einen Hufeisenmagnet mit kürzeren, aber breiteren und parallel laufenden Schenkeln.

In der nebenstehenden Fig. 4 ist der linke Teil identisch mit dem früheren Apparat (s. o.), nur ist das Gefäß *G* höher gewählt, da es sich um Wassernachfüllungen handelt; auch ist der sonst einfache Kautschukpfropfen *K* mit einem Gasableitungsrohr versehen. — Nachdem man *Q* mit dem Magneten eingebracht und diesen mit Eisenpulver versehen hat, setzt man die Rezipientenglocke in *G* ein, hebt *K* ab, bestreicht das Eisenpulver mit der glühenden Stricknadel und schließt *K*. Nach beendigtem Glühen füllt man in *G* auf das gesunkene Niveau so viel Wasser nach, daß es höher steht als das innere Niveau, öffnet den Quetschhahn *h* und läßt das Gas übertreten. Der erste, hauptsächlich die Schlauchluft enthaltende Zylinder wird verworfen. In der Glocke ist ein noch genügender Luftrest, um zwei Zylinder von etwa 100 bis 150 ccm damit zu füllen, ehe das innere Niveau bis zu dem verglimmten Eisenpulver ansteigt. Man spannt den mit der Öffnung nach unten gerichteten verschlossenen Zylinder am besten in ein Stativ und hebt von beiden Zylindern die Deckplatten nur für 10 Sekunden ab. Der brennende Span gibt in üblicher Weise Aufschluß über die relative Schwere; die Wirkung ist trotz des geringen Gewichtsunterschiedes noch befriedigend.

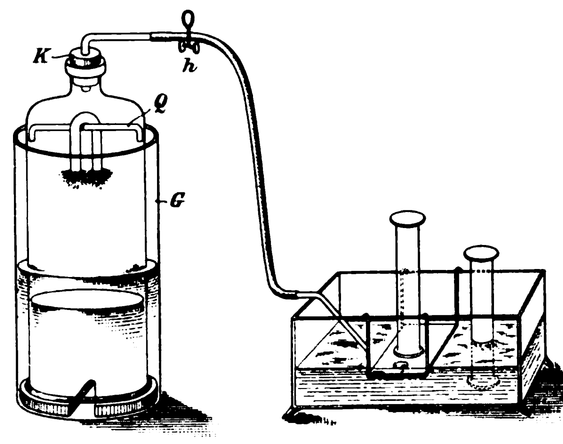


Fig. 4.

Die Feststellung an dieser Stelle der Luftuntersuchung ist insofern von methodischem Werte, als nun geschlossen werden kann: ist die Luft keine chemische Verbindung, sondern nur ein mechanisches Gemenge von Stickstoff und dem unbekannten, an das Metall getretenen Stoffe *x*, so muß *x* schwerer sein als Luft.

Versuche mit einfachen Mitteln.

Leitungsfähigkeit von Metall bei höheren Temperaturen. Von **R. Danneberg** in Dresden. Man kann die schlechtere Leitungsfähigkeit von Metallen für Elektrizität bei höheren Temperaturen ohne Galvanoskop, Amperemeter, Wheatstonesche Brücke etc. nachweisen, indem man den für diesen Zweck empfohlenen Weinholdschen Apparat, bei dem ein dünner Platindraht mit einer Bunsenflamme stark erhitzt wird, gewissermaßen selbst als Hitzdrahtinstrument verwendet.

Weinhold hat an zwei starken aufrechtstehenden Drähten einen dünnen, langen Platindraht befestigt. Diesen wickle man so, wie man bifilare Spulen wickelt, mit Hilfe eines Glasrohrs zu einer Spirale und bringe diese durch den elektrischen Strom zur Rotglut. Taucht man nun den unteren Teil derselben in ein Becherglas mit kaltem Wasser, so leuchtet der obere Teil weiß, d. h. die Stromstärke ist größer, der Widerstand des abgekühlten Drahtstückes also kleiner geworden. Man muß dabei vorsichtig sein und nicht zuviel der Spirale eintauchen, da man sonst den Draht zum Schmelzen bringt. Dies gilt besonders, wenn man zum Abkühlen ein Gemisch von Kohlensäure und Schwefeläther verwendet. Der Versuch hat den Vorteil, daß er keinerlei Apparatur erfordert und frei von dem Einwand ist, daß thermoelektrische Ströme wirken, die durch ungleiche Erwärmung der Lötstelle des Platins an dem Zuleitungsdraht entstehen könnten, wie mir wiederholt schon von Schülern angegeben wurde.

Für die Praxis.

Hilfsmittel beim Wägen. Von **H. Rebenstorff** in Dresden. Das Tarieren auf der Unterrichtswage wird zeitraubend, wenn die meistens benutzten Schrotkügelchen zu reichlich aufgeschüttet waren, und beim Fortnehmen des Überschusses selbst eine schon nahezu erreichte Gleichgewichtsstellung jedesmal wieder beim Zugreifen durch die Hand ganz verloren geht. Es wäre erwünscht, kleine, zu zahlreich aufgebrachte Tariergewichtchen einzeln oder in geringer Zahl zusammen so wieder abheben zu können, daß die Wagschale dabei nicht immer ganz heruntergeht. Dies ist nun leicht erreichbar, wenn man zunächst mit großen, durch Gießen oder durch Abschneiden von Bleirohren hergestellten Tariergewichten den Hauptteil des Gewichtes aufbringt und nun den Rest in feinen Eisennägelchen direkt auf die Schale zugibt. Ein kleiner Hufeisenmagnet liegt oder hängt an der Wage, bereit, den Überschuß wieder sehr bequem entfernbar zu machen. War die beschwerte Schale ganz heruntergegangen, so streicht man mit dem Magneten über die Häufchen der Nägel hin. Sind nur noch einzelne Nägelchen zu entfernen, so gelingt es leicht, sie emporzuziehen, ohne daß die Wage aus der schon beginnenden Einstellung herauskommt. In Eisengeschäften erhält man Nägelchen, von denen etwa 25 Stück ein Gramm wiegen. Benutzt man eine zentigrammempfindliche Wage, so kann man den letzten Ausgleich mit einzelnen Abschnitten von sehr feinem Eisendraht ausführen. Die Einzelkörperchen sind nach dem Wägen mittels des Magneten von der Schale auch viel bequemer wieder in die Vorratsschachtel überführbar als die sich dem Zugreifen vielfach entziehenden Schrotkügelchen. Endlich ist ein Verschütten des empfohlenen Tariermaterials weniger unangenehm.

Für einen Vortrag in sehr großem Saale erwies es sich als zweckmäßig, auf der den Zuhörern zugewandten Seite des Balkens der benutzten Wage zwei lange, etwa 2 cm breite Abschnitte von weißem Karton mittels hindurchgesteckter Aluminiumdrähte anzubringen. Da an eine Verwendung der Wagenzunge nicht zu denken war, so erleichterten die weißen Striche beiderseits des Aufhängepunktes das Erkennen der Einstellung aus der Ferne.



Verwendung der Kohlensäurebomben des Handels im Unterricht. Von **R. Danneberg** in Dresden. Es scheint wenig bekannt zu sein, daß die gewöhnlichen großen Kohlensäurebomben, wie sie zu Bierdruckapparaten geliefert werden, auch zur Erzeugung festen Kohlensäureschnees verwendet werden können. Die Kohlensäure selbst wird dadurch billiger, als wenn man die kleinen Bomben füllen läßt, wie sie sich gewöhnlich in den Schulsammlungen finden, und die Anschaffung einer solchen wird überflüssig, da die Kohlensäurefabriken die Bomben längere Zeit ohne Entgelt leihen. Der kleine Übelstand, daß die Kohlensäure nicht ganz chemisch rein und vor allem nicht wasserfrei ist, wird selten ins Gewicht fallen. Dreht man eine solche Bombe, daß die Öffnung nach unten kommt, legt einen Beutel aus festem Tuch vor und öffnet nur kurze Zeit den Verschluß völlig, so hat man reichlich feste Kohlensäure, um die üblichen Versuche durchzuführen.

Nicht versäumen sollte man, ein Stück feste Kohlensäure in das Wasser eines Becherglases zu legen und die Schüler durch den Boden sehen zu lassen. Die Kohlensäurestücken sehen wie von Quecksilber umhüllt aus. Die Ursache ist die totale Reflexion des Kohlensäuregasmantels, der jedes Stück umgibt. Der Versuch zeigt also ganz handgreiflich die Leidenfrostsche Erscheinung. Man kann deswegen ohne jede Gefahr ein Stück Kohlensäure auf die Zunge legen und durch einen ganz leichten Hauch ein Licht auslöschen. Wohl in jeder Sammlung ist eine Form aus Buchsbaumholz, um die Regelation des Eises zu zeigen. Man führe denselben Versuch mit Kohlensäureschnee aus und erhält auch hier eine Form aus fester Kohlensäure. Daß hierbei keine Regelation, sondern nur ein mechanischer Vorgang vorliegt, kann man dem Schüler dadurch zeigen, daß man am Ende der Versuche das Näpfchen wieder zerbröckelt. Man stelle nun dasselbe am besten in der Buchsbaumform auf einen hohlen Raum und gieße in sehr dünnem Strahle gleichmäßig und ruhig Quecksilber zu. Man kann leicht erreichen, daß ein Tönen eintritt, das meist noch andauert, wenn man kein Quecksilber mehr zugießt. Der Ton kommt wohl dadurch zustande, daß sich das warme Quecksilber an den kalten Kohlensäurewänden der Form plötzlich zusammenzieht und so eine rhythmische Bewegung bedingt, die man oft auch mit dem Auge in Form von kleinen Wellen im Quecksilber beobachten kann.

Man lasse dieses Näpfchen voll Quecksilber einige Zeit stehen. Ehe alles gefroren, gieße oder sauge man mit einer Pipette den Rest ab. Man wird stets Ansätze zur Kristallisation finden, meist werden sogar deutliche Oktaeder mit ihren Spitzen hervortreten. Die Kohlensäure läßt sich aber aus den Bomben in Gasform und unter Anwendung eines Druckreduzierventils recht bequem zu andern Versuchen verwenden. So z. B. kann man sehr konstant die Sirene von Cagniard Latour betreiben. Dabei reicht der Druck aus, um das Zählwerk in Bewegung zu setzen, was hoffentlich nicht bei allen Apparaten so große Schwierigkeiten hat wie bei dem mir zur Verfügung stehenden. Läßt man den vollen Druck der Kohlensäure auf die Sirene wirken, so steigert sich die Tonhöhe so, daß man Schmerzempfindung im Ohre hat. Gewöhnlich verschwindet der höchste Ton für einige Zuhörer, und es bleiben nur noch die begleitenden Töne mit etwas weniger unangenehmem Charakter übrig. Wegen der starken Beanspruchung des Gehörs für Töne an der Grenze der Wahrnehmbarkeit ist wohl Vorsicht bei diesem Versuche ratsam. Die Sirene muß wegen der feuchten Kohlensäure nach dem Gebrauche gut getrocknet werden, man tut auch gut, die Lager der Achse zu ölen.

Sehr schön gleichmäßig kann man Orgelpfeifen mit Kohlensäure anblasen. Durch stärkeren Druck bekommt man dann gut die Obertöne heraus. Daß sich Unterschiede in den Tonhöhen bei zwei gleichgroßen Pfeifen gut hören lassen, die mit Luft bzw. Leuchtgas und Kohlensäure angeblasen werden, braucht kaum erwähnt zu werden.



Berichte.

1. *Apparate und Versuche.*

Neue Formen von Rohrstativen und Kreuzmuffen. Von W. Volkmann. (*Phys. Zeitschr. 1909, Nr. 18.*) Im Jahre 1905 hat der Verf. unter anderem zwei Rohrstative beschrieben [1]), die sich nur durch die Höhe ihres Schaftes unterschieden. Es hat sich im Lauf der Zeit als unbequem erwiesen, daß diese Stative nur für genau 13 mm starke Stäbe zu verwenden sind. Es gelingt nämlich bei Bestellung kleinerer Posten nicht, die Stäbe stets mit genau demselben Durchmesser zu erhalten, auch werden rostige Stäbe durch das Abscheuern dünner. Sind die Stäbe zu dünn, so wackeln sie ein wenig im Stativ, sind sie zu dick, so muß man sie auf das richtige Maß abschleifen, worauf nicht jeder eingerichtet ist. Dies war der Anlaß, die Stative umzugestalten und zugleich einige andere Verbesserungen anzubringen. Das Klemmrohr, das bisher aus Messing zusammengesetzt und in dem eisernen Fuß befestigt wurde, bildet jetzt mit dem Fuß zusammen einen einheitlichen Gußköper (Fig. 1). Dadurch wird die Festigkeit erhöht und die Herstellung wesentlich verbilligt. Der flache Teil des Fußes ist mit einem breiten Schlitz versehen, so daß die Stative auch noch bei sehr tiefem Stande der eingesetzten Stäbe dicht aneinander geschoben werden können. Die wichtigste Änderung weist die Klemmvorrichtung auf. Der Kopf des Statives ist 13,5 mm weit durchbohrt, und der mittlere Teil der Bohrung ist auf etwa 15 mm Weite ausgedreht. Der Klemmschraube gegenüber ist noch eine Längsnut von 3 mm Breite und 1 mm Tiefe ausgefeilt. Der Stab wird also von der Schraube gegen die Kanten dieser Nut gedrückt und liegt in der Mitte hohl. Die Klemmschraube hat 5 mm Löwenherzgewinde und ist so lang gelassen, daß noch 6 mm starke Stäbe festgeklemmt werden können, sie besitzt einen flachen elliptischen Griff, der für diesen Zweck einem Kordenkopf weit überlegen ist.

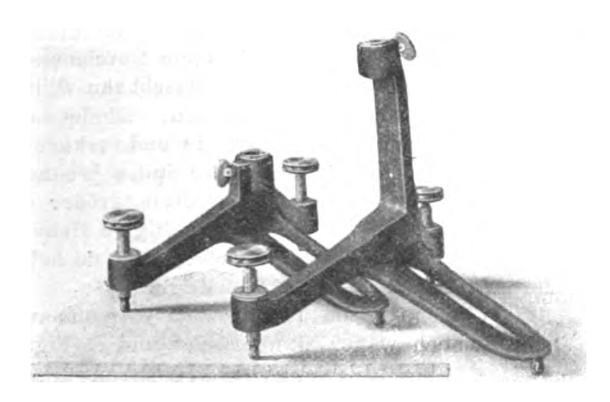


Fig. 1.

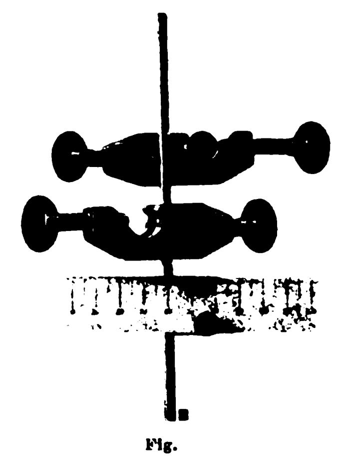


Fig.

Die messingnen Stellschrauben der Stative haben 3/8 Withworthgewinde und sind unten kolbenartig verrundet, damit sie auch bei etwas schräger Stellung in den 9 mm weiten Schienen laufen können. (Profil 5 × 11 × 5 × 1 von Max Cochius, Berlin.) Ein feineres Gewinde anzuwenden, ist nicht zweckmäßig; die Füße laden weit genug aus, so daß auch bei diesem Gewinde eine sehr feine Einstellung möglich ist, und bei einem feinen Gewinde verliert man zu viel Zeit, wenn eine stärkere Verstellung nötig ist. Die Bohrung der Stative soll senkrecht stehen, wenn an dem auf wagerechter Tischplatte stehenden Fuß die Stellschrauben fast zur Hälfte herabgedreht sind, man hat also beim Bohren unter die hochkantigen Füße ein passendes Brettchen zu legen.

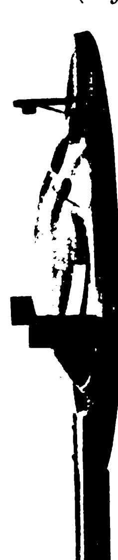
Die neue Kreuzmuffe eignet sich für höchstens 13 mm starke Stäbe und ist möglichst klein gehalten. Für ihre Gestalt war die Bedingung eines sicheren und genauen Einspannens bei der Bearbeitung maßgebend, denn je genauer dies ausgeführt werden kann, um so billiger kann eine genaue Bearbeitung ausgeführt werden. Der Klemmraum ist mit

[1]) Der Aufbau physikalischer Apparate aus selbständigen Apparatenteilen, Berlin, Springer, 1905, Seite 5.

einer zylindrischen Fräse von 13,5 mm Dicke ausgearbeitet und in der Mitte mit einer 15 mm dicken Fräse weiter vertieft. Der mit 8 mm Löwenherzgewinde geschnittenen Schraube gegenüber ist eine 3 mm weite und 1 mm tiefe Nut eingefeilt. Es lassen sich noch recht dünne Stäbe klemmen, in der Figur 2 werden die beiden Kreuzmuffen von einem 5 mm starken Stahlstabe getragen.

Bearbeitete und unbearbeitete Probestücke werden vom Mechaniker Franz Wax am Physikalischen Institut der Landwirtschaftlichen Hochschule Berlin, N 4, Invalidenstr. 42, geliefert. *W. Vn.*

Eine billige Linsenfassung. Von W. Volkmann. (*Physikal. Zeitschr. 1909, Nr. 18.*) Die Abbildung zeigt eine Fassung für eine Kondensorlinse von 10,5 cm Durchmesser (in photographischen Geschäften für 1,85 M erhältlich), die sich vor einer früher von dem Verfasser angegebenen durch Einfachheit und Übersichtlichkeit auszeichnet. An einem 13 mm starken Eisenstiel ist eine Eisenblechscheibe von 2 mm Stärke und 16 cm Durchmesser befestigt. Sie hat in der Mitte ein 10 cm großes Loch und trägt die Linse mit drei Messingwinkeln, deren oberster mit einer Feder versehen ist. Die Messingwinkel stehen mehrere Millimeter über den Scheitel der Linse vor und schützen sie beim Hinlegen auf den Tisch.



Die Feder vermeidet das Klappern der Linse in der Fassung und gibt der bei Erwärmung eintretenden gegenseitigen Verschiebung von Linse und Scheibe nach. Diese Art der Fassung hat sich auch für 20 cm große Linsen brauchbar erwiesen. *W. Vn.*

Über den Neyreneufschen Versuch für die Abnahme des Luftdruckes mit der Höhe und seine Verwendung. Von V. Dvořák. (*Physikal. Zeitschr. 1909, Nr. 19*). Der Verf. hat schon 1901 in der Physikal. Zeitschr. *2*, *192* auf den Neyreneufschen Versuch aufmerksam gemacht[1]); man schreibt gewöhnlich die Idee des Versuches Behn[2]) zu, obwohl der Behnsche Versuch nur eine Abänderung des Neyreneufschen vorstellt.

Zum Versuche von Neyreneuf nimmt man ein T-Rohr *T* (Fig. 1), zwei gleich lange

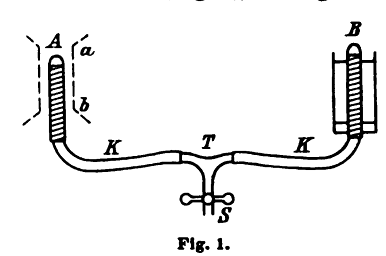


Fig. 1.

Kautschukschläuche *K* und zwei etwa 10 cm lange Metallröhren (in der Figur schraffiert), alles von etwa 12 mm innerem Durchmesser. Durch einen Schrauben-Quetschhahn *S* läßt man Leuchtgas einströmen, zündet die Flammen bei *A* und bei *B* an und verkleinert sie, bis sie noch mit heller Spitze brennen; je kleiner die Flammen, desto größer die Empfindlichkeit. Eine geringfügige Hebung einer Flamme bewirkt sofort, daß sie höher wird, die andere aber niedriger.

Behn nimmt nur ein Metallrohr mit zwei ziemlich weiten Öffnungen *A* und *B* (Fig. 2)

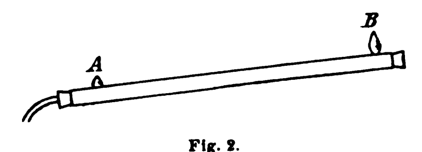


Fig. 2.

und bemerkt dazu: „Liegt *B* nur um 3 mm höher als *A*, so ist schon die Differenz der Flammengrößen in einem großen Hörsaal überall deutlich zu sehen . . . . . ; zur Erreichung dieser Empfindlichkeit muß, wie oben vorgeschrieben, das Rohr weit sein und in dünner Wandung ziemlich weite Ausströmungsöffnungen haben“ . . . ; dann weiter unten in einer Anmerkung: „dies ist eine wesentliche Bedingung, und diese ist bei dem Versuch von Neyreneuf, den Dvořák beschreibt, nicht erfüllt“.

Dem entgegen bemerkt jezt Dvořák, daß man auch die Empfindlichkeit des Neyreneufschen Versuches beliebig steigern kann, wenn man die Rohrleitungen kurz und von größerem Durchmesser nimmt, wodurch der Ausströmungswiderstand herabgesetzt wird. Schon Neyreneuf führt an, daß man Höhenunterschiede von der Größenordnung eines Zehntelmillimeters bemerken kann; er konnte sogar

[1]) Annal. de chimie et de phys. **25**, 167, 1882. „Mémoire sur l'écoulement du gaz et sur quelques propriétés des flammes“ und Mém. Ac. de Caen, 1883, S. 1—18.

[2]) Diese Zeitschr. **16**, 132 (1903).



zwischen zwei Brennern, auch wenn sie durch lange Kautschukschläuche verbunden und recht weit voneinander entfernt waren, selbst mit dem Kathetometer keinen Höhenunterschied nachweisen, als er die Brenneröffnungen mit Hilfe der Flammengleichheit auf gleiche Höhe einstellte. Übrigens kann man nach Neyreneuf zu dem Versuche auch ein bloßes Y-Rohr aus Metall benützen.

Dem Verf. scheint es überhaupt, daß der Behnsche Versuch für die Schule nicht recht tauglich sei. Abgesehen davon, daß man nicht wie beim Neyreneufschen Versuch die beiden Flammen beliebig nähern und entfernen sowie leicht in der Horizontalebene bewegen kann, um zu zeigen, daß in dieser der Luftdruck gleich ist, kann dem Schüler die Beweiskraft des Versuches leicht verdächtig vorkommen. Das Rohr erhitzt sich nämlich stark, und das bei *A* (Fig. 2) heraufkommende Gas erhitzt sich am Wege immer mehr: es könnte also schon deshalb bei *B* die Flamme höher brennen, weil das Glas dort heißer ist als bei *A*.

Beim Neyreneufschen Versuch dagegen kann man den Einfluß der Temperatur auf die Flammengröße sehr leicht zeigen. Man mache die Flammen so groß, daß sie eine gut sichtbare leuchtende Spitze zeigen, lösche dann die eine durch momentanes Zudrücken mit dem Finger aus und warte etwa zwei Minuten, worauf man die Flamme wieder anzündet: sie wird kaum sichtbar sein, während die andere viel höher brennt. Das eine Rohr ohne Flamme hat sich nämlich unterdesen abgekühlt, während das andere durch die Flamme noch heißer wurde; die Gewichte der Gassäulen in den beiden Rohren sind also ungleich, somit auch die Ausströmungsgeschwindigkeiten.

Man kann auch vermittelst eines Korkes einen kleinen Blechzylinder anbringen (Fig. 1, rechts) und, während beide Flammen in gleicher Höhe brennen, in den Zylinder kaltes Wasser gießen: sofort wird dort die Flamme ganz klein.

Wie der Neyreneufsche Versuch beim Unterricht auch anderweitig verwendet werden kann, zeigen folgende zwei Versuche.

1. Wirkung des Magnetfeldes auf Gase. Man bringt die eine Flamme zwischen die Polflächen eines größeren Elektromagneten; bei einem Versuch des Verf. betrug die Breite *a b* (in Fig. 1 punktiert angedeutet) 5,5 cm, so daß ein fast gleichförmiges Feld entstand. Läßt man die Stromstärke allmählich wachsen, so wird die Flamme zwischen den Polflächen immer kleiner und die andere größer (durch Senken der zweiten Flamme kann man die Flammen wieder gleich groß machen); zuletzt verlischt die Flamme ganz. Der Versuch ist weithin sichtbar und leicht anzustellen.

2. Wirkung des elektrischen Feldes auf die Flamme. Man stelle die eine Flamme etwa 3 cm unter die negative Polkugel einer Influenzmaschine, verbinde die Metallröhre mit dem anderen Pol und drehe äußerst langsam; sofort verlängert sich die im elektrischen Felde befindliche Flamme, während die andere kleiner wird. Es ist nämlich nach Rieß die Flamme + elektrisch und wird also vom —Pol angezogen; beim langsamen Drehen entsteht ein kontinuierlicher Elektrizitätsstrom, da ja die Flammengase leitend sind. Stellt man die Flamme unter den +Pol, so wird sie kleiner, um nach einiger Zeit plötzlich aufzuflackern, wahrscheinlich wenn eine momentane Entladung einsetzt. Bei allen diesen Versuchen ist es gut, wenn der Hörsaal etwas verdunkelt ist.

Die Bestimmung der Empfindlichkeit einer Wage und deren Verwendung als Barometer. Von J. H. Poynting und G. W. Todd.[1] In der Mitte des Wagebalkens einer 16 zölligen Oertlingwage ist ein kleiner Rahmen befestigt, der zwei V-förmige Haken trägt. In diesen liegt parallel dem Wagebalken und in gleicher Höhe mit der Schneide ein etwa $3^1/_2$ cm langer gerader Draht, der nach beiden Seiten leicht verschiebbar ist und die Stelle des gewöhnlichen Reiters einnimmt; er soll auch „Reiter“ genannt werden. Sein Gewicht wird zunächst genau gemessen. Die Empfindlichkeit der Wage wird dann bestimmt durch die Bewegung dieses Reiters nach rechts oder links um eine zu messende Distanz. Ist diese d, die halbe Länge des Wagebalkens b, das Gewicht des Reiters R, so ist die Bewegung äquivalent einem auf eine Schale gelegten Gewicht $R . d / b$. Um den Reiter zu bewegen, sind an einer Stange, die parallel dem Wagebalken durch den Kasten der Wage führt (die Enden sind außerhalb des Kastens befestigt, so daß dieser außer Verbindung mit der Stange steht), zwei Mikrometerschrauben angebracht, die eine Teilung von 0,01 mm haben und 0,001 mm schätzen lassen. Ihre Achsen liegen auch horizontal und in einer geraden Linie mit der Achse des Reiters, so daß dieser durch die Schrauben nach der einen oder nach der andern Seite geschoben werden kann. Durch einen über Rollen gehenden Schnurlauf können die Schrauben von dem Platze des 2 m von der Wage entfernten Beobachters

[1]) Phil. Mag. **18,** 132, 135 (1909).

aus gedreht werden. Die Mikrometerteilungen sind beleuchtet und werden durch ein Fernrohr beobachtet. Die Stellung des Wagebalkens wird durch einen Spiegel mit doppelter Suspension, Fernrohr und Skala abgelesen. Bei den Beobachtungen wird zuerst die eine Schraube zurückgezogen, die andere so weit gedreht, daß sie den Reiter gerade berührt, und ihre Stellung m_1 bestimmt. Dann wird auch sie so weit zurückgezogen, daß der Reiter frei ist, und nun wird durch drei aufeinander folgende Umkehrpunkte der Schwingungsmittelpunkt des Wagebalkens C_1 auf der Skala bestimmt. Dann wird der Reiter mit der Mikrometerschraube um eine gewisse Strecke d nach der einen Seite gerückt und dabei die Ablesung m_2 gemacht; dann ist $d = m_1 - m_2$. Wird jetzt ebenso wie vorhin der neue Schwingungsmittelpunkt C_2 bestimmt, so entspricht eine Ablenkung von $C_1 - C_2$ Teilstrichen einem auf die betreffende Schale gelegten Gewicht $R \cdot d/b$. Die gleiche Beobachtung wird abwechselnd mit beiden Mikrometerschrauben gemacht. Hier sei eine Versuchsreihe angegeben. Es waren $R =$ 7,35 mg, $b = 20{,}272$ cm. In 10 Messungen nach beiden Seiten war der mittlere Weg des Reiters $d = 2{,}485$ mm, die mittlere Ablenkung betrug 21,26 Skalenteile. Daraus ergibt sich, daß ein Ausschlag von 20 Skalenteilen einer Schalenbelastung von 0,0848 mg äquivalent ist.

Die eben beschriebene Wage ließ sich als empfindliches Barometer verwenden. Zu dem Zwecke wurde eine verschlossene Kupferkugel von etwa 760 ccm Inhalt an den einen Arm des Wagebalkens gehängt und mit Messinggewichten auf der entgegengesetzten Schale ins Gleichgewicht gebracht. Infolge des verschiedenen Volumens beider Seiten gerät der Wagebalken in Bewegung, sobald sich die Dichte der umgebenden Luft ändert. Diese Schwingungen wurden mit Spiegel, Fernrohr und Skala beobachtet. Ein Teilstrich der Skala im Fernrohr entsprach dabei der Zu- oder Abnahme des Atmosphärendrucks um etwa 0,002 mm Quecksilber. Fanden zugleich Temperatur- und Druckänderungen statt, so ging die ganze Skala in weniger als einer halben Stunde durch das Gesichtsfeld, und man mußte sie durch Verschiebung des Reiters wieder sichtbar machen. Temperatur und Skalenteilstrich wurden abwechselnd alle 30 Sekunden beobachtet und aus beiden Messungen dann mit einer vom Verf. abgeleiteten Formel die Druckänderung bestimmt. Da die Dichte der Luft von Druck, Temperatur und Feuchtigkeitsgehalt abhängt, so kann man durch Elimination der Wirkungen zweier dieser Größen die dritte bestimmen. So läßt sich die Wage als Barometer, Thermometer und Hygrometer verwenden. *Schk.*

2. *Forschungen und Ergebnisse.*

Der Einfluß der Luft auf fallende Körper. 1. Die Orientierung fallender Prismen. Von W. Köppen[1]). Die bisherige Theorie der Haloerscheinungen beruht auf der Annahme, daß die kleinen Eiskristalle so zu fallen suchen, daß sie dem geringsten Luftwiderstande begegnen; dies tritt ein, wenn die Achsen der Nadeln und die Basisflächen der Tafeln vertikal, die Basisflächen der Nadeln dagegen horizontal sind. Diese Auffassung haben Galle, Bravais, Clausius, auch Pernter vertreten. Der Verf. zeigt an einigen einfachen Versuchen, daß sie falsch ist, daß fallende Körper sich vielmehr in der Richtung des größten Widerstandes einstellen. Er ließ drei- oder mehrseitige Prismen aus Schreibpapier von genügender Höhe aus verschiedenen Anfangslagen herabfallen. Nach dem Durchfallen der ersten 2 bis 3 m nimmt dann die lange Achse des Prismas eine horizontale Lage an, und das Prisma beginnt um diese Achse zu rotieren, einerlei, wie ihre Anfangslage war. Je mehr der Querschnitt des Prismas sich der Kreisform nähert, um so geringer ist der Antrieb zum Rollen. Bei allen aber, auch bei Zylindern, geht die Achse beim Fallen in die horizontale Lage über. Hat das Prisma die Form einer Tafel, so tritt dieselbe Erscheinung noch früher ein. Es findet dabei eine Drehung um die längste Achse statt, die um so schneller eintritt und um so stabiler ist, je größer der Unterschied zwischen den drei Achsen ist. Voraussetzung ist, daß die Lage des Schwerpunkts möglichst zentrisch ist; liegt er bei einer Tafel sehr exzentrisch, so tritt Gleitfall ein. Bei einer geringen Wölbung der Platte rotiert sie auch nicht, sondern wendet beim Fallen die konkave Seite nach oben. Die letzten Erscheinungen lassen sich auch an einem länglichen Schnitzel Schreibpapier zeigen. Die Ursache der beschriebenen Lage und Bewegungsart der fallenden Körper beruht auf den beim Fallen auftretenden Kräftepaaren.

[1]) Meteor. Zeitschr. **25**, 280 (1908).

die an dem längsten Durchmesser verschwinden, wenn dieser sich in horizontaler Lage befindet.

Ist der Luftraum mit kleinen Stäbchen und Täfelchen von Eis erfüllt, so werden diese um ihre längste, horizontal liegende Achse rotieren. Da ein rotierendes Prisma optisch einem Zylinder gleichzusetzen ist, so dürfte die Erklärung der Haloerscheinungen auf eine Erfüllung der Luft mit Eiszylindern, deren Achsen horizontal, aber in allen möglichen Azimuten liegen, aufzubauen sein. Auch bei der Theorie des Fluges dürften die beobachteten Erscheinungen eine wichtige Rolle spielen.

2. **Bestimmung der Fallgeschwindigkeit der Regentropfen.** Von W. Schmidt[2]). Der dazu benutzte Apparat bestand aus zwei Zinkblechscheiben, die in einem Abstande von 20 cm an einer vertikalen Achse drehbar befestigt waren. Die obere, größere Scheibe hatte einen sektorförmigen Ausschnitt, auf die untere war ein Bogen mit Eosinpulver bestäubten Filtrierpapiers befestigt. Der Apparat wurde während des Regens, zuerst noch mit einem Schirm bedeckt, vermittelst eines Schnurlaufs in Umdrehung versetzt; dann wurde der Schirm weggezogen. Die durch den Sektor der oberen Scheibe fallenden Tropfen gelangten dann auf das Papier, aber nicht auf den Teil, der senkrecht unter dem Ausschnitt lag, sondern sie blieben, je nach ihrer Fallgeschwindigkeit, um einen kleineren oder größeren Winkel zurück. Jeder Tropfen hatte dann auf dem Papier sein Gewicht durch die Größe des von ihm erzeugten Flecks, seine Fallgeschwindigkeit durch dessen Lage aufgezeichnet. Der Verf. untersuchte so 3300 Tropfen mit Radien von 1,75 bis 0,2 mm; ihre Fallgeschwindigkeit variierte von bzw. 7,4 bis 1,8 m/sec. Die gefundenen Zahlen stimmen für große Tropfen mit den von **Lenard** im Laboratorium erhaltenen Werten überein, für kleine dagegen nicht; die Fallgeschwindigkeit v der kleinsten Tropfen war viel kleiner, als man bisher annahm. Für mittlere Tropfen ist v vornehmlich abhängig vom **Luftwiderstande**, bei kleinsten spielt die **Luftreibung** die erste Rolle. Der Verf. gibt eine Formel für v als Funktion des Tropfenradius r, die für die kleinsten Tropfen gut stimmt und einen guten Übergang zu den für Nebeltröpfchen geltenden Werten bildet. *Schk.*

[2]) Meteor. Zeitschr. **26**, 183 (1909).

Einiges aus der Physik der freien Atmosphäre. Eine der wichtigsten Funktionen im elementaren Unterricht ist $y = \frac{k}{x}$. Sie wird durch eine gleichseitige Hyperbel dargestellt. Ihr Integral ist das k-fache des natürlichen Logarithmus von x, der 2,3 mal so groß ist als der Briggische, weil $2{,}71828\ldots^{2{,}30} = 10$ ist. Das Mariottesche Gesetz besagt, daß bei unveränderter Temperatur das Produkt aus Druck und Volum eines Gases konstant ist. Gleichen Querschnitt vorausgesetzt, wird also die Höhe einer Luftsäule um so größer sein, je kleiner der Druck ist. Eine Luftsäule, die bei 800 mm Quecksilberdruck 10 m hoch ist, wird bei 80 mm bereits 100 m hoch sein. Da in der Tat für die atmosphärische Luft einer 10 m hohen Luftsäule eine Druckabnahme von 1 mm bei 800 mm Druck entspricht, so wird, falls wir die gleichseitige Hyperbel $xy = 8000$ in ein Koordinatensystem legen, bei welchem die Einheiten auf der y-Achse Meter, auf der x-Achse Millimeter bedeuten, zu jedem Barometerstand der x-Achse eine Ordinate gehören, die angibt, nach wieviel Meter Erhebung der Druck um einen Millimeter abgenommen hat. Die zwischen zwei Ordinaten, der Kurve und der x-Achse liegende Fläche gibt die Höhe an, die zwischen zwei Barometerständen x_1 und x_2 von gegebener Größe liegt. Sie ist in Metern gleich der Differenz der beiden natürlichen Logarithmen dieser x-Größen multipliziert mit 8000 oder gleich der Differenz der Briggischen Logarithmen multipliziert mit $8000 \cdot 2{,}3 = 18\,400$. Unter Berücksichtigung der Temperatur, die ja mit der Höhe pro Kilometer um 5 bis 10 Grad abnimmt, hat man die gefundene Höhe noch mit dem Faktor $(1 + 0{,}004\, t_m)$ zu multiplizieren, wo t_m die mittlere Temperatur des Höhenbezirks bezeichnet. Unsere Formel gilt für null Grad Celsius. Falls es sich nicht um sehr große Höhendifferenzen handelt, wird — besonders in der Luftschiffahrt und Aerologie — von der **Hergesellschen Formel** Gebrauch gemacht, die gewöhnlich in der Form geschrieben wird $H = 8000 \cdot \frac{P - p}{P_m} (1 + 0{,}004\, t)$. Sehen wir von dem Temperaturfaktor ab, der ja unverändert ist (statt 0,004 müßte es genauer $0{,}0036 = \frac{1}{273}$ heißen), so bedeuten P und p die Drucke an den Endpunkten, P_m aber den mittleren Druck. Hier entspricht H einer Ordinate unserer gleichseitigen Hyperbel, deren zugehörige Abszisse den Wert $\frac{P_m}{P - p}$

besitzt. Wir können demnach aus dem Diagramm sofort die Höhe ablesen, ohne zur Integration überzugehen. Ist der Barometerstand zum Beispiel unten 750, oben 610, so ist $(P - p) = 140$ und $P_m = \frac{750 + 610}{2} = \frac{1360}{2} = 680$, demnach die Abszisse $= \frac{68}{14} = \frac{34}{7} = 4{,}9$. Ohne Berücksichtigung der Temperatur ist $H = \frac{8000 \cdot 7}{34} =$ ca. 1600 m. Hat die Temperatur nach oben hin von 12 auf (− 2) Grad abgenommen, so ist $t_m = 5$ und der Temperaturfaktor demnach 1,02, so daß die Meterzahl noch um 2 %, also etwa um 30, zu erhöhen wäre. Es scheint mir nicht unangebracht, im Zeitalter der Zeppelinfahrten im Physikunterricht auf diese Darstellung einzugehen, die gegenüber der in den Lehrbüchern üblichen einige Vorteile haben dürfte.

Vielleicht ist auch folgende kleine Zusammenstellung der Verteilung von Luftdruck, Temperatur und Feuchtigkeit nach Höhenstufen erwünscht, wie sie sich aus den Assmannschen Aufstiegen*) ergeben hat. In der Tabelle ist h Höhe in Metern, b Barometerstand, f_m wirklicher Feuchtigkeitsdruck, f_s Sättigungsdruck in Millimetern, so daß $100 \cdot \frac{f_m}{f_s}$ die relative Feuchtigkeit ergeben würde.

h	b	t	f_m	f_s
0	760	10,0	5,9	7,9
500	717	8,0	5,3	7,0
1 000	675	5,4	4,5	6,2
2 000	597	0,4	3,1	5,0
3 000	526	− 5,0	2,2	3,8
4 000	463	− 10,0	1,7	2,8
5 000	406	− 16,7	1,2	1,9
6 000	355	− 23,6	0,7	1,2
7 000	309	− 30,4	0,3	0,7
8 000	267	− 37,6	0,22	0,42
9 000	231	− 45,6	—	0,20
10 000	200	− 54	—	0,09

Die Tabelle gibt zu graphischen Darstellungen und mancherlei funktionalen Betrachtungen Veranlassung. Auch der sogenannte Temperaturgradient kann, freilich nur pro 1000 bzw. 500 m, daraus abgelesen werden.

*) Die im folgenden aufgeführten Ergebnisse sind z. T. dem Werk „Wissenschaftliche Luftfahrten" (Verlag von Vieweg & Sohn, Braunschweig 1900) entnommen.

Es mögen noch folgende etwas genauere Angaben darüber folgen. Über der Erdoberfläche nimmt im Durchschnitt die Temperatur pro 100 m um 0,4° C ab, in der Region der Haufenwolken, also kurz vor 2000 m Höhe, ist der Gradient 0,5° C. Diesen Wert behält der Gradient auch in der Region der Alto-Kumuli bei 4000—5000 m bei, um später noch etwas mehr zu wachsen. Ausnahmsweise kann er den höchsten, sogenannten „adiabatischen" Wert von einem ganzen Grad erreichen, besonders in Höhen und Bezirken, wo infolge mangelnden Wasserdampfes keinerlei Kondensation stattfindet. Andererseits kommen aber auch besonders bei ruhiger Luft und in geringen Höhen Inversionen vor — d. h. Stellen, an denen nach oben hin Temperaturzunahme vorhanden ist —, besonders dann, wenn am Morgen nach ruhigen Nächten die untersten Schichten durch Ausstrahlung Wärme verloren, höhere aber durch Absorption Wärme gewonnen haben. Bei 10 km Höhe beginnt dann die berühmte Inversion, welche seit ihrer Entdeckung durch Assmann und Teisserenc de Bort den Meteorologen so viel Kopfzerbrechen macht. Die „Troposphäre" mit aufsteigendem Luftstrom geht in die „Stratosphäre" mit blättriger Struktur über. Es finden vorwiegend horizontale Bewegungen statt. Die Akten über diesen Fall sind noch nicht geschlossen, es scheint aber so, als ob die Erde mit einer 4—5 km dicken Lufthülle, an deren Außenschale starke Wolkenbildung stattfindet, als eine thermische Einheit betrachtet werden muß. Diese Außenhülle strahlt und reflektiert Wärme, von der die Schichten der Stratosphäre zuerst profitieren, so daß hier die Einstrahlung von unten zu einem eigenartigen Gleichgewichtszustande führt, bei welchem Inversionen häufig vorkommen.

Die Luft enthält in diesen Höhen, wie gesagt, fast keine Feuchtigkeit mehr, in 5 km Höhe 1,1 g pro kg, in 4 km Höhe 1,5 g, in 3 km 2,2 g, in 2 km 3 g, in 1 km 4,1 g und am Erdboden durchschnitttich 5,6 g für jedes Kilogramm Luft.

Das Gewicht der Luft in verschiedenen Höhen beträgt pro cbm:

km	10	5	4	2	0
kg	0,42	0,66	0,7	1	1,3

Der gesamte Wärmegehalt in Kalorien beträgt nach Höhenstufen pro kg Luft:

km	10	5	4	3	2	1	0
kal.	53	62	63	65	67	69	70

Die über 1 qm Breite in der Sekunde hinwegströmende Menge Wasserdampf beträgt nach Höhenstufen in Gramm:

km	10	5	4	3	2	1	0
g	0	13	13	18	24	30	35

Dabei ist als durchschnittliche Geschwindigkeit des Windes in Metern gerechnet:

km	10	5	4	3	2	1	0
m	26	16	15	13	10	8	5

Berechnen wir den Druck des Windes auf 1 qm, so erhalten wir folgende Anzahl Kilogramm:

km	10	4	3	2	1	0*)
kg	10,7	12	11	9	7	3

Schließlich sei noch die Gesamtstärke des Luftraumes angegeben, der pro Meter Breite in der Sekunde bis zu verschiedenen Höhen berechnet über uns hinweggeht. Bis zu 10 km Höhe gerechnet sind es 110000 kg, bis zu 5 km 52000, bis zu 4 km 40000, bis zu 3 km 28000, bis zu 2 km 17000 und bis zu 1 km 8000 kg. Da der Tag 86400 Sekunden hat, so ergibt eine einfache Rechnung, daß täglich über uns zehn Milliarden Tonnen Luft hinwegstreichen. *W. Grosse.*

*) An der Oberfläche beträgt der Druck in kg pro qm etwa 12% vom Quadrat der Windgeschwindigkeit. In größeren Höhen ändert sich natürlich diese Funktion, die Zahl der Prozente wird kleiner.

Röntgenstrahlen. Versuche verschiedener Forscher über eine Polarisation der Röntgenstrahlen führen zu dem gemeinsamen Ergebnis, wonach man eine teilweise Polarisation doch wohl als vorhanden annehmen muß. Zum Nachweis dienten stets die an anderen Stoffen erregten Sekundärstrahlen, die nach verschiedenen Richtungen hin eine verschiedene Wirkung zeigten. Barkla hatte bei seinen Versuchen als „Radiatoren" kleine Scheiben einer Substanz von geringer Dichte benutzt und gefunden, daß die von diesen kommenden Sekundärstrahlen auf ein Elektroskop verschieden wirkten, je nachdem die Richtung Radiator—Elektroskop senkrecht oder parallel zu den die Primärstrahlen erregenden Kathodenstrahlen stand. Als Maximum erhielt Barkla für Aluminium 20% Polarisation. Die Schwermetalle ergaben keine ähnliche Wirkung. Auf Veranlassung von Röntgen sind die Barklaschen Versuche von E. Bassler wiederholt und erweitert worden[1]). Um eine Asymmetrie der Bestrahlung unmöglich zu machen, wurde für den Radiator die Form einer Kugel, für die X-Strahlen ein Bündel von kreisförmigem Querschnitt benutzt. Als wirksamster Radiator erwies sich Paraffin; außerdem gelang es, die Polarisation nachzuweisen mit Aluminium und Schwefel, während Blei versagte. Die Messungen wurden nach einer Differentialmethode ausgeführt, die gestattete, die Differenz der Intensität der Sekundärstrahlen in den zwei zueinander senkrechten Richtungen, parallel und normal zu den Kathodenstrahlen, unmittelbar und gleichzeitig an demselben Elektrometer abzulesen. Waren a und b die Elektrometerausschläge in den beiden Hauptstellungen, so wurde $100 \cdot (a-b)/(a+b)$ als Maß für die Polarisation in Prozenten der mittleren Sekundärstrahlung angenommen. Bei mittelweichen Primärstrahlen zeigte eine Paraffinkugel 10% Polarisation, ein Maximalwert mit weichen Strahlen war 16%; härtere Strahlen zeigten geringere Polarisation. Aluminium zeigte 5% Polarisation, paraffiniertes Blei ergab um so mehr Polarisation, je dicker die Paraffinschicht war. Die Sekundärstrahlung des Paraffins kommt dabei größtenteils aus dem Innern; Sekundärstrahlen, die schief gegen die Achse der Primärstrahlen emittiert wurden, zeigten weniger Polarisation an als die senkrecht emittierten. Wurden in den Gang der Primärstrahlen beträchtlich absorbierende Medien wie Platin, Kupfer, Wasser eingeschaltet, so zeigte der Paraffinradiator stets eine Zunahme der Polarisation bis zum doppelten Werte. Die Polarisation hängt von dem Winkel zwischen Strahlungsebene und Einfallsebene nicht ab, ändert sich aber mit dem Winkel zwischen Kathodenstrahl und dem auf Polarisation geprüften X-Strahl (Max. bei etwa 110°). Versuche, die Polarisation der primären Röntgenstrahlen photographisch nachzuweisen, hatten keinen Erfolg.

Auch Bragg und Glasson konnten eine Unsymmetrie sekundärer Röntgenstrahlen, die von Körpern kleinen Atomgewichts kamen, mit einer elektrischen Methode nachweisen[2]).

Haga hatte dagegen gerade auf photographischem Wege nachgewiesen, daß die von einer Kohleplatte kommenden Sekundärstrahlen nahezu vollständig polarisiert waren

[1]) Ann. d. Phys. **28**, 808 (1909).

[2]) Phil. Mag. **17**, 855 (1909).



(*ds. Zeitschr.* 21. 120). Nach J. Herweg ist auch bei den von einer Kohlenkathode kommenden primären Röntgenstrahlen Polarisation vorhanden[3]. Die Methode war die gleiche wie bei Haga: die von der Antikathode kommenden Strahlen erzeugten an einem Kohlekegel Sekundärstrahlen, die dann auf einem den Kegel umgebenden photographischen Film Eindrücke hervorriefen. Es waren deutlich zwei Maxima der Dunkelheit und Helligkeit auf dem Film zu erkennen.

Die schon oft behauptete und wieder angezweifelte Beugung der Röntgenstrahlen wurde von B. Walter und R. Pohl in einigen sehr sorgfältigen Arbeiten einer erneuten Prüfung unterzogen, die jedoch auch zu einem negativen Ergebnis führten[4]. Von den Strahlen einer Röntgenröhre wurde durch einen Spalt s_1 von wenigen μ Breite ein schmales Bündel ausgeblendet, das in einem Abstande von 75 cm auf einen sich von etwa 20 μ bis zu vollständigem Schluß keilförmig verjüngenden Spalt s_2, den sogenannten Beugungsspalt, fiel, um von diesem auf der in wieder 75 cm Entfernung aufgestellten photographischen Platte das sogenannte Beugungsbild zu entwerfen. Die Spalte waren von Zeiss in Jena mit ganz besonderer Genauigkeit hergestellt worden; auf ihre Einstellung und Parallelrichtung wurde die größte Sorgfalt verwandt. Durch die Art der Anordnung wurde ein Einfluß der von s_2 kommenden Sekundärstrahlung auf das von den primären Strahlen etwa erzeugte Beugungsbild ausgeschlossen. Die Spaltbreiten und die entsprechenden Breiten des Beugungsbildes wurden durch mikroskopische Ausmessung bestimmt. Hierbei wurde durch Bestimmung des Mittelwerts von verschiedenen Messungen der bei engem Spalte sehr störende Einfluß des Plattenkorns zu eliminieren gesucht. Die Breite des Bildes zeigte dann bis zu Spaltweiten von 2 μ keinen Unterschied von der theoretisch für einen beugungsfreien Strahlengang berechneten Breite. Aus Beugungsversuchen läßt sich daher eine Wellennatur der Röntgenstrahlen nicht folgern; nimmt man diese aber aus andern Gründen an, so folgt aus den Versuchen, daß die Wellenlänge unter $1{,}2 \cdot 10^{-9}$ cm liegen muß.

Wie Barkla und Sadler gefunden hatten, sendet eine Anzahl Elemente völlig homogene Sekundärstrahlen aus, auch wenn die erregenden Primärstrahlen komplex waren (*ds. Zeitschr.* 22. 120). Die durchdringende Kraft dieser Sekundärstrahlen ist eine für jedes Element charakteristische Konstante. Diese läßt sich durch den Absorptionskoeffizienten λ ausdrücken, den jede Strahlung in Aluminium besitzt. Bedeutet ϱ die Dichte des Aluminiums, so ist λ bei einer Strahlung von Cr 136 ϱ, von Fe 88,5 ϱ, für Co 71,6 ϱ, Ni 59,1 ϱ, Cu 47,7 ϱ, Zn 39,4 ϱ, As 22,5 ϱ, Se 18,9 ϱ, Ag 2,5 ϱ. Diese fast ganz homogenen Sekundärstrahlen eignen sich nun sehr für Versuche über Absorption und Transformation der Röntgenstrahlen[5]. Barkla und Sadler brachten dünne Platten verschiedener Metalle in den Weg jener homogenen Sekundärstrahlen und untersuchten sowohl die Größe der Absorption als auch die dabei auftretenden Tertiärstrahlen. Die Ergebnisse dieser Versuche waren im wesentlichen folgende. Die für eine Substanz charakteristische Röntgenstrahlung hat die gleichen Eigenschaften, ob sie sekundäre oder tertiäre Strahlung ist. In jedem Falle ist die Strahlung homogen; die Koeffizienten ihrer Absorption durch andere Körper sind dieselben und unabhängig von der erregenden Strahlung. Die für eine Substanz charakteristische tertiäre Strahlung wird nur erregt durch solche sekundären Strahlen, die durchdringender sind als die erstere. Sind sie nur etwas durchdringender, so ist die Intensität der tertiären Strahlen gering; werden sie mehr durchdringend, so wächst die Intensität der tertiären Strahlen rasch bis zu einem Maximum; werden sie dann noch durchdringender, so nimmt die Intensität wieder ab als eine lineare Funktion der in einem bestimmten Luftvolumen von der sekundären Strahlung erzeugten Ionisation. Wird die sekundäre homogene Strahlung der Gruppe Cr—Ag von dünnen Schichten der gleichen Metalle absorbiert, so nimmt die Absorption sehr stark zu, sobald die sekundären Strahlen durchdringender werden als die für den „Absorber" charakteristische Strahlung, wobei diese Zunahme der Absorption mit der Emission tertiärer Strahlen durch den Absorber verbunden ist. Der Bruchteil der bei der Absorption verbrauchten Energie der sekundären Strahlung, der als tertiäre Strahlung wieder ausgesandt wird, ist nicht konstant, nimmt aber zuerst langsam, dann rascher ab, wenn die sekundäre Strahlung durchdringender wird.

[3]) Ann. d. Physik **29**, 398 (1909).

[4]) Ann. d. Physik **25**, 715 (1908); **29**, 331 (1909).

[5]) Phil. Mag. **17**, 739; **18**, 107 (1909).

J. Stark macht darauf aufmerksam, daß Barklas homogene Röntgenstrahlung in ihrer Entstehung und in ihren Eigenschaften ganz analog ist der Fluorescenz im Bandenspektrum eines Körpers oberhalb $\lambda = 10^{-5}$ cm[6]). Ebenso wie selektive Absorption des Lichts in kurzwelligen Banden Fluorescenz in diesen und den zugeordneten langwelligen Banden bewirkt, so bewirkt selektive Absorption der Röntgenstrahlung auch selektive Emission intensiver homogener Röntgenstrahlen. Das Fluorescenzlicht ist in dem emittierenden Körper weniger absorbierbar als das fluorescenzerregende Licht; ebenso ist die selektive Röntgenstrahlung in dem sie emittierenden Körper weniger absorbierbar als die erregende primäre Strahlung. Weitere Analogien beziehen sich auf das Maximum der Fluorescenz und der selektiven Strahlung im Verhältnis zur Absorptionsstärke, auf die gleichmäßige Emission und Unpolarisiertheit beider Strahlenarten und auf ihre beiderseitige ionisierende Wirkung. Stark will die Röntgenstrahlung überhaupt als den Lichtstrahlen wesensgleich von der Wellenlänge $\lambda = 10^{-7}$ bis 10^{-9} cm ansehen. Aus den angeführten Analogien hält er es für erwiesen, daß die chemischen Elemente im Spektrum der Röntgenstrahlen Eigenfrequenzen besitzen, in denen die Absorption primärer Röntgenstrahlen die Emission negativer Elektronen (Kathodenstrahlen) und die Emission einer intensiven selektiven sekundären Röntgenstrahlung kleinerer Frequenz zur Folge hat. In seinen weiteren Ausführungen wendet Stark auf die Röntgenstrahlen die Lichtquantenhypothese an, nach der Licht- und Röntgenstrahlen eine elektromagnetische Strahlungsenergie von atomistischer Konstitution darstellen, und entwickelt die Vorzüge dieser vor der Ätherwellenhypothese. Eine Beugung der Röntgenstrahlen würde bei jener Annahme auch nicht eintreten dürfen, während sie die Wellenhypothese voraussetzt. In betreff der weiteren Entwickelungen Starks sei auf die Abhandlung selbst verwiesen. *Schk.*

Aus der Akustik. 1. Die Schwingungsform von Stimmgabelstielen. Von E. Waetzmann[1]). Um diese zu untersuchen, werden die Stimmgabeln am besten nach Art eines Reiters über eine möglichst unelastische Unterlage gehängt; der Verf. benutzte dazu ein aus Sägespänen, Watte etc. hergestelltes Seil, dessen Enden an dicken Filzklötzen befestigt waren, die von Eisenstativen gehalten wurden. An dem Stiel wurden kleine versilberte Glassplitter befestigt, die seitlich etwas hervorragten. An ihnen zeigten sich im durchgehenden Licht unter dem Mikroskop einzelne feine Lichtpünktchen, deren Schwingungsformen beobachtet wurden. Diese bilden bei bloßen Transversalschwingungen gerade Linien, beim Hinzutreten longitudinaler Komponenten kompliziertere Figuren. Bei schwachem Anschlag waren bei unbelasteten Gabeln longitudinale Komponenten nicht zu bemerken; diese traten aber auf bei Belastung oder starkem Anschlag der Gabeln. Im allgemeinen waren dann neben einer oder mehreren Transversalschwingungen mehrere Longitudinalkomponenten vorhanden. Um die entstehenden Schwingungskurven zu analysieren, wurde die für Lissajoussche Figuren gebräuchliche Anordnung auf mehrere Stimmgabeln ausgedehnt; es gelang dadurch, die am Stiel beobachteten Kurven zu reproduzieren und damit ihre Bestandteile zu bestimmen. So wurde z. B. eine besonders häufige Kurve (eine in der Längsseite nach innen gebogene Ellipse) durch drei Stimmgabeln dargestellt, von denen die Zinken der einen (Periode n) horizontal, die der beiden andern (Periode n und $2n$) vertikal schwingen. Das von einem Diaphragma kommende Licht einer Bogenlampe wurde nacheinander von drei an den drei Stimmgabeln befestigten Spiegeln reflektiert und warf die Schwingungskurve auf einen Schirm. Man erhielt dann die oben erwähnte Kurve, wenn die beiden vertikal schwingenden Stimmgabeln eine Phasendifferenz von je $^1/_8$ Wellenlänge gegen die horizontal schwingende hatten. In dieser Weise wurden oft zwei longitudinale Komponenten von der Periode des Grundtons der Gabel bzw. seiner höheren Oktave neben einer Transversalschwingung in der Periode des Grundtons festgestellt. — Was die Entstehungsweise der Stielschwingungen anlangt, so hebt der Verf. hervor, daß die transversalen auf Unsymmetrien der Gabel beruhen, die longitudinalen nach Chladni durch Schwingungen des gekrümmten Mittelstücks veranlaßt sein sollten. Viele der letzteren dürften aber auch als Sekundärerscheinungen der Transversalschwingungen anzusehen sein, woraus sich dann die bestimmte Phasendifferenz zwischen beiden erklären würde.

2. Über den Grad des Wohlklanges von Konsonanzen hat Waetzmann eben-

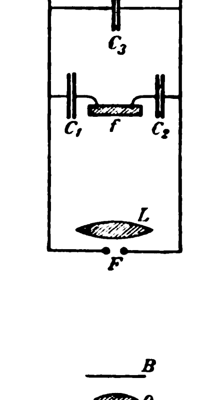
[6]) Phys. Zeitschr. **10**, 579 (1909).

[1]) Phys. Zeitschr. **10**, 409 (1909).

falls Untersuchungen angestellt[2]). Nach Helmholtz beruht die Konsonanz auf einem möglichst geringen Grad der „Rauhigkeit", welche durch Zahl und Stärke der zwischen je zwei Partialtönen der beiden die Konsonanz bildenden Klänge entstehenden Schwebungen charakterisiert wird. Sind in dem Klange intensive Obertöne höherer Ordnung enthalten, so bilden sich infolge der zwischen diesen auftretenden Schwebungen auch empfindliche Dissonanzen. Diese sind bei der menschlichen Stimme besonders bei Männerstimmen in Chören zu beobachten. Eine dritte Ursache zu Dissonanzen liegt in Schwebungen, die durch das Auftreten von Kombinationstönen veranlaßt werden. Das ist der Fall besonders bei Primärklängen, die nur schwache Obertöne haben.

Um die „Rauhigkeit" zu berechnen, muß bekannt sein: 1. die objektive und subjektive Intensität der die Schwebungen bildenden Töne, 2. der Grad der Dämpfung der im Ohre angenommenen Resonatoren, von dem die Intensität der Schwebungen abhängt, 3. der Einfluß der Anzahl der Schwebungen auf die Rauhigkeit. Helmholtz hat die Rechnung für die Klangfarbe der Violine durchgeführt; er berücksichtigte dabei nicht den Unterschied zwischen objektiver und subjektiver Intensität und nahm die Dämpfung aller Ohrresonatoren, unabhängig von ihren Eigentönen, als gleich an. Hierzu war er durch Trillerversuche geführt worden. Waetzmann kam nun, ebenfalls auf Grund von Beobachtungen an Trillern, zu der Annahme, daß die Abklingezeit für die verschiedenen Ohrresonatoren die gleiche ist, d. h. daß die hochabgestimmten Resonatoren im Ohre schwächer gedämpft sind als die tiefabgestimmten. Diese Annahme hatte sich zur Erklärung gewisser Tatsachen aus dem Gebiet der Schwebungen, der Zwischentöne usw. als geeignet erwiesen. Der Verf. führte mit dieser Voraussetzung auch die Berechnung der Rauhigkeit der verschiedenen Intervalle innerhalb der Oktave c′ c″ für die Klangfarbe der Violine durch und stellte das Rechnungsresultat sowohl für die objektiven als für die subjektiven Intensitäten der einzelnen Töne graphisch dar. Die Reihenfolge der Konsonanzen ist danach, nach ihrer subjektiven Güte geordnet, für die Violine: Oktave, Quinte, große Sexte und Quarte, kleine Sexte, große Terz und kleine Septime, kleine Terz. Im allgemeinen stimmen die für die subjektiven Verhältnisse gefundenen Resultate mit den Helmholtzschen Berechnungen, die nur die objektiven Intensitäten berücksichtigen, überein, was aber nach des Verf. Ansicht nur darin liegt, daß gewisse Helmholtzsche Annahmen auf das Resultat in demselben Sinne einwirken, als seine Einführung der subjektiven Intensitäten.

3. Zu dem Bericht über eine neue Versuchsanordnung zur Sichtbarmachung von Funkenschallwellen (*Heft V, S. 314*) von M. Toepler sei hier noch die dort versehentlich weggebliebene Figur hinzugefügt. Es bedeuten darin M die Stromquelle, s eine Sicherheitsfunkenstrecke, C_1, C_2 und C_3 Leidener Flaschen, f die Gleitfunkenstrecke, F die Schallfunken, L eine Beleuchtungslinse, B eine Blende, O das Auge oder ein Fernrohr.



Schk.

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Rudolf Kohlrausch zum Gedächtnis. Am 6. November waren hundert Jahr seit der Geburt von Rudolf Kohlrausch verflossen. Sein Name lebt vor allem im Gedächtnis der Physiker weiter durch die mit W. Weber gemeinsam ausgeführte Arbeit über „Zurückführung der Stromintensitätsmessungen auf mechanisches Maß" (Abh. der Kgl. Sächs. Gesellsch. d. W., Bd. 5, 1856) und durch die kürzere Darstellung desselben Gegenstandes „Über die Elektrizitätsmenge, welche bei galvanischen Strömen durch den Querschnitt der Kette fließt". Ein Abdruck dieser letzteren Abhandlung ist kürzlich zusammen mit dem von vier Abhandlungen W. Webers über absolute Strom- und Widerstandsmessung in *Ostwalds Klassikern* (Nr. 142) erfolgt. In diesem Bändchen gibt der Herausgeber, Friedrich Kohlrausch, auch Näheres über die Entstehungsgeschichte der klassischen Maßbe-

[2]) Phys. Zeitschr. **10**, 503 (1909).

stimmung an. Der Plan zu der Arbeit stammt von R. Kohlrausch, und zwar ursprünglich aus einer kritischen Betrachtung des Weberschen elektrischen Grundgesetzes. Diese ist niedergelegt in dem Manuskript eines am 16. Juni 1852 vor der Naturforschenden Gesellschaft in Marburg gehaltenen Vortrags. Die Abhängigkeit der Wirkungen der Elektrizität von ihrer Geschwindigkeit, die nach dem Weberschen Gesetz bestehen sollte, führte ihn auf den Gedanken, man solle auf dem Wege des Experiments Verhältnisse darstellen, in welchen elektrische Massen unzweifelhafte, nämlich mechanisch hervorgebrachte relative Geschwindigkeiten und Beschleunigungen gegeneinander besitzen, und solle beobachten, ob die aus dem Weberschen Grundgesetz hervorgehenden Wirkungen wirklich eintreten. „Treten sie ein, so ist nicht nur die Auslegung des Gesetzes richtig, sondern wir wissen auch, daß der Strom in einer wirklichen Fortbewegung der Elektrizität besteht. Treten sie ein, so entsteht die bestimmte Aussicht, daß wir nicht nur den in seiner Formel befindlichen Koeffizienten $1/c^2$ seiner Größe nach bestimmen können, sondern daß wir bestimmte Angaben erfahren, wie groß die Geschwindigkeit nicht der Stromwelle, denn daran wird jetzt schon mit Glück gemessen, sondern des Stroms selbst ist, und namentlich auch, wie groß das Quantum der neutralen Elektrizität ist, welches am Strom sich beteiligt“. . . . .

Die Diskussion der verschiedensten Möglichkeiten, die gestellte Aufgabe zu lösen, führte Kohlrausch dann zu folgenden vier Versuchsplänen: 1. Man lasse einen mit Elektrizität geladenen rotierenden Ring auf einen elektrischen Punkt in seiner Ebene wirken. — 2. Man lasse einen mit Elektrizität geladenen Ring auf eine Magnetnadel wirken. — 3. Man suche durch den geladenen rotierenden Ring Induktionsströme zu erhalten. — 4. Man suche durch einen rotierenden Doppelstrom in seiner Ebene freie Elektrizität zu erzeugen. — Die Methoden 1, 3 und 4 wurden von Kohlrausch selbst in seinem Vortrage als wenig aussichtsvoll bezeichnet. Er entschied sich daher für Methode 2. Die Naturforschende Gesellschaft bewilligte 250 Taler für einen Mechanismus, der, mittels einer Dampfsirene oder einer Übertragung bewegt, dem geladenen Ring gegen 800 Umdrehungen in der Sekunde erteilen sollte. Die zu erwartenden Schwierigkeiten waren indessen so groß, daß Kohlrausch sich auf die Anfertigung eines Getriebes beschränkte, das später bei Untersuchungen von Weber und Kohlrausch über elektrische Wellen in einer langen Leitung diente. Für den vorliegenden Zweck aber mußte sich Kohlrausch damit begnügen, die magnetische Wirkung einer statisch gemessenen Elektrizitätsmenge bei dem Durchfließen eines Multiplikators zu bestimmen [Versuche nach dem ursprünglichen Plan Kohlrauschs wurden erst 1876 durch Rowland zur Ausführung gebracht].

Für die Ausführung seines Vorhabens faßte Kohlrausch zuerst die stetige Wirkung des von einer Elektrisiermaschine gelieferten Stromes auf eine Multiplikatornadel ins Auge; die Ergiebigkeit der Maschine in elektrostatischem Maß sollte aus der Ladungszeit einer großen Batterie von auszumessender Kapazität ermittelt werden. Zahlreiche Versuchsreihen hierüber liegen vor; die Reibungselektrisiermaschine hat aber doch wohl die vorausgesetzte Konstanz der Wirkung vermissen lassen. Schließlich wurde eine Leidener Flasche mit empirisch zu bestimmender Kapazität als Quelle des Stromstoßes benutzt. Als Vorbereitung zum elektrostatischen Teil der Messung konstruierte Kohlrausch als ein bis dahin noch völlig fehlendes zur Potentialmessung geeignetes Instrument das Sinuselektrometer und erforschte die Gesetze des elektrischen Rückstandes. Aus den Versuchen ergab sich das Verhältnis der elektrostatischen zur elektromagnetischen Einheit, nach dem später eingeführten C.G.S.-System gemessen, gleich $3107 . 10^7$ oder annähernd $3 . 10^{10}$. [Diese berühmte Messung steht zu der Weberschen Formel in einem ähnlichen Verhältnis wie Hertz' Messung der Geschwindigkeit elektrischer Wellen zu den Maxwellschen Gleichungen.] Erwägt man die vor fünfzig Jahren vorhandenen primitiven und schwerfälligen Mittel sowie die geringen Erfahrungen und die Schwierigkeiten, die bei dieser ersten exakten absoluten Messung nach elektrostatischen Einheiten überwunden werden mußten, so erscheint die Annäherung des gefundenen Resultats an den wahren, damals nicht einmal der Größenordnung nach bekannten Wert als eine bewundernswerte Leistung. Reichlich ein Jahrzehnt später beginnt, mit Maxwell und W. Thomson anhebend, die neue glänzende, mit modernen Mitteln ausgeführte Reihe von Messungen derselben Größe, doch hat es geraume Zeit gedauert, bis die Genauigkeit jener ersten Messung übertroffen war[1]).

[1]) Es sei hier noch angemerkt, daß in demselben Bändchen von Ostwalds Klassikern der Herausgeber (S. 106) dafür eintritt, die Über-

Von anderen Leistungen Kohlrauschs sind namentlich seine Untersuchungen zur experimentellen Begründung und Ausarbeitung des Ohmschen Gesetzes zu nennen, ferner eine Arbeit über die Akkommodation des Auges (1836) und eine Bestimmung der Dichte von Gasen und Dämpfen (1856).

R. Kohlrausch war in Göttingen als Sohn des späteren Generalschuldirektors Friedr. Kohlrausch in Hannover geboren, und war nach beendeter Studienzeit als Lehrer an der Ritterakademie zu Lüneburg, dann (1835—1849) am Gymnasium zu Rinteln tätig. Nach einem Jahr akademischer Tätigkeit an der polytechnischen Schule in Cassel wurde er infolge der Mißgunst des neu installierten Ministeriums Hassenpflug an das Gymnasium zurückversetzt, und zwar nach Marburg, wo er 1854 wenigstens zum außerordentlichen Professor an der Universität ernannt wurde. Aber der Antrag der Universität, den verdienstvollen Forscher zum Ordinarius zu befördern, wurde von der Regierung dreimal abgelehnt! Endlich befreite ihn (1857) eine Berufung nach Erlangen aus den unerquicklichen kurhessischen Verhältnissen, doch erfreute er sich der günstigeren, mehr Freiheit und Mittel für wissenschaftliche Arbeiten verheißenden Stellung nur kurze Zeit, da er schon am 8. März 1858 starb. In einem Schulprogramm von 1844 hat er auch physikalische Denkaufgaben unter dem Titel „Proben physikalischer Übungsaufgaben“ veröffentlicht, von denen eine Auswahl in der Zeitschr. z. Förd. des physikalischen Unterrichts von Lisser und Benecke 1886 wieder abgedruckt worden ist. In dem begleitenden Text spricht er sich mit großer Entschiedenheit gegen die übermäßige Verwendung der Mathematik im Physikunterricht mit noch heut beachtenswerten Gründen aus. *P.*

4. Unterricht und Methode.

Zur Statistik der naturwissenschaftlichen Schülerübungen in Preußen. Über die Verbreitung der Schülerübungen in Preußen ist zuerst durch die Rundfrage der Unterrichts-Kommission der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte im Jahre 1906 eine Übersicht gewonnen worden (vgl. diese Zeitschr. 20, 401). Damals wurden physikalische Übungen an 30 Anstalten, chemische an 100, naturgeschichtliche an keiner höheren Lehranstalt abgehalten. Seitdem hat die Zahl der Anstalten erheblich zugenommen, namentlich infolge der Förderung, die der Sache durch Gewährung von Geldmitteln von seiten der Unterrichtsverwaltung zuteil geworden ist. Nach einer soeben von Geh.-Rat Norrenberg in der *Monatsschr. f. höhere Schulen* 1909 veröffentlichten interessanten Darstellung waren am 1. Mai 1909 naturwissenschaftliche Schulversuche an 224 Anstalten (d. h. 28,7 % aller höheren Lehranstalten) eingeführt, und zwar am zahlreichsten in den Provinzen Sachsen (44,3 %), Westpreußen (41,4 %) und Brandenburg (32,7 %), am wenigsten zahlreich in Posen (18,5 %), Schleswig Holstein (22,2 %) und Schlesien (23,2 %). Unter den 224 Anstalten befinden sich

Gymnasien	65	= 19,6 %
Realgymnasien . . .	77	= 62,1 %
Oberrealschulen . . .	68	= 90,7 %
Progymnasien . . .	2	= 5 %
Realprogymnasien . .	2	= 5,1 %
Realschulen	10	= 5,9 %

Hiernach sind dem Prozentverhältnis nach vorwiegend die realistischen Vollanstalten an der Einrichtung der Schülerübungen beteiligt. Die relativ geringe Zahl von Gymnasien ist nicht so auffällig, wenn man bedenkt, wie große Widerstände hier zu überwinden sind, und besonders in Anbetracht der in Philologenkreisen ziemlich verbreiteten, für die Gymnasien verhängnisvollen Auffassung, daß diese Anstalten gemäß ihrer Eigenart ihre Stärke in der Pflege der alten Sprachen unter Zurückdrängung der realistischen Bildungselemente erblicken sollten. Leider hat auch der sonst so hochverdiente Paulsen durch seinen Beifall dieser Auffassung Vorschub geleistet. Sehr bedauerlich ist ferner das Zurückbleiben der sechsklassigen Realschulen.

gehung W. Webers bei der Wahl der Bezeichnungen für die Einheiten der Strommessung dadurch wieder gut zu machen, daß man die C.G.S.-Stromeinheit, also 10 Amp., als 1 Weber bezeichnet und bei den magnetischen Wirkungen des Stroms mit dieser viel geeigneteren Einheit rechnet. Dieser Vorschlag, der bereits mehrere Jahre alt ist, verdient von seiten der deutschen Physiker mehr Beachtung, als ihm bisher zuteil geworden ist; auch für den Unterricht ist eine solche kurze Bezeichnung für die C.G.S.-Einheit des Stromes von Wert. (In des Referenten Oberstufe der Naturlehre § 129, 2, ist die Bezeichnung bereits eingeführt.)

Herr Geh.-Rat Norrenberg erblickt die Hauptgründe hierfür in dem Mangel geeigneter Räumlichkeiten und ausreichender Hilfsmittel, sowie darin, daß in der obersten Klasse, die vor allem in Frage komme, das Interesse zu ausschließlich auf den äußeren Erfolg der Abschlußprüfung gerichtet sei. Allerdings zeigt sich hierin „eine bedauerliche Überschätzung des aus dem Lehrbuche angeeigneten Wissens auf Kosten eines selbständigen, wenn auch auf Einzelgebiete beschränkten wirklichen Naturerkennens“. Es muß aber doch noch hinzugefügt werden, daß die Hauptschuld an diesem beklagenswerten Zustande der Lehrplan der Realschulen mit seiner Zurücksetzung des naturwissenschaftlichen Unterrichts und die Bestimmungen für die Abschlußprüfung mit ihren vorwiegend sprachlichen Maßstäben tragen.

Ein anderes Bild wieder ergibt sich, wenn man die Verteilung der Übungen auf Physik, Chemie und Naturgeschichte ins Auge faßt. Wie aus historischen Gründen erklärlich, überwiegen die chemischen Übungen. An den 221 Anstalten bestehen insgesamt 355 Übungskurse, die sich folgendermaßen verteilen:

	Physik	Chemie	Naturgeschichte	Summe
G . . .	56	21	14	91
RG . .	38	69	14	121
OR . .	34	66	19	119
PG . .	3	2	—	5
RPG . .	1	1	1	3
RS . .	9	6	1	16
Summe .	141	165	49	355

An den Gymnasien herrschen, da die Chemie kein besonderes Lehrfach bildet, die physikalischen Übungen vor, an den realistischen Schulen die im Lehrplan seit langem vorgesehenen chemischen Kurse. Bemerkenswert ist jedoch, daß von den Oberrealschulen noch 12%, von den Realgymnasien noch 44,4% keine besonderen chemischen Laboratoriumsübungen eingeführt haben. — Hier dürfte der Mangel an Räumlichkeiten, der auf allzu große Sparsamkeit beim Bau der Schulgebäude zurückzuführen ist, eine Rolle spielen, auch wirkt sicher noch der Umstand nach, daß bis vor kurzem die (unbedeutenden) Mittel zur Abhaltung chemischer Übungen von den für den Etat maßgebenden Instanzen nicht selten versagt wurden.

Von den 355 Übungskursen sind 137 oder 38,6% in die verbindlichen Unterrichtsstunden des normalen Lehrplans eingeordnet, die übrigen 218 oder 61,4% sind fakultativ. Die erstere Anordnung überwiegt an den Oberrealschulen, die letztere an Gymnasien und Realgymnasien. Die Zahl der Klassen, in denen naturwissenschaftliche Übungskurse stattfinden, beträgt 684, und zwar finden in 283 Klassen physikalische, in 309 chemische, in 92 naturgeschichtliche Übungen statt. Vorwiegend sind hieran die beiden Primen beteiligt, in geringerem Maße die Obersekunda, noch schwächer die U II und O III, obwohl gerade in diesen Klassen eine auf Selbsttätigkeit gegründete Einführung in die Naturwissenschaft besonders am Platze wäre. Aus der betreffenden Tabelle seien hier die folgenden Daten mitgeteilt, betreffend die Anzahl von Anstalten, an denen Übungen in den einzelnen aufgezählten Klassen abgehalten werden:

	O I	U I	O II	U II	O III
Physik	83	86	63	34	17
Chemie	132	136	20	20	1
Naturgeschichte .	29	34	22	4	2

Eine noch hinzugefügte Übersicht über die Beteiligung an den fakultativen Übungen, in Prozent der Gesamtschülerzahl der Klasse angegeben, lehrt zu wenig, da die Zahl der Schüler zumeist durch die Zahl der verfügbaren Arbeitsplätze bestimmt ist. Doch wird im allgemeinen die Beteiligung der Schüler an den Übungen als höchst erfreulich bezeichnet.

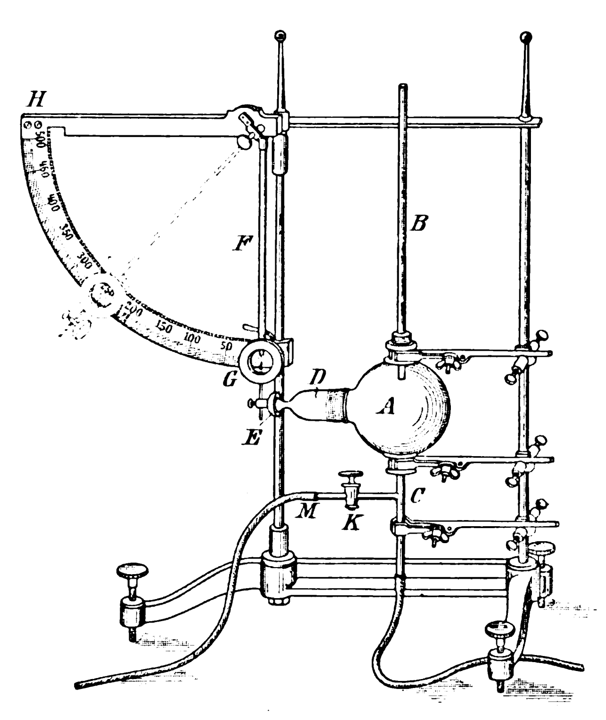
An die statistischen Mitteilungen schließt der Verf. noch über den Erfolg und den Wert der Schülerübungen dankenswerte Darlegungen, die gewiß nicht verfehlen werden, auf maßgebende Kreise, von deren Wohlwollen der gute Fortgang der Sache mit abhängt, Eindruck zu machen. *P.*

5. Technik und mechanische Praxis.

Zur Heiz- und Leuchtwertbestimmung des Leuchtgases benutzt N. Teclu einen Apparat, der eine Abänderung des von ihm früher[1]) beschriebenen Explosionsapparates darstellt. Derselbe beruht auf der genügend begründeten Voraussetzung, daß sowohl für den Heizwert des Leuchtgases als auch für die Spannkraft eines explodierenden Gasgemenges

[1]) Journ. f. prakt. Chemie [2] 75, 228 (1907).

von Leuchtgas und Luft im wesentlichen die Verbrennungstemperatur der stattfindenden Verbrennung maßgebend ist. *A* ist ein Litergefäß aus Glas mit drei Öffnungen. Die obere hat einen Querschnitt von 2 cm und trägt luftdicht eingepaßt die 35 cm lange und 1,2 cm weite Glasröhre *B*. Die untere Öffnung hat dieselbe Weite; in diese mündet freistehend die Glasröhre *C*, die 1 cm weit und 12 cm lang ist und in Verbindung steht mit der rechtwinklig angeschmolzenen Glasröhre *M*,



die den Glashahn *K* trägt. Die seitliche Öffnung verengt sich an der Mündung der Röhre *D* bis auf etwa 8 mm Querschnitt und wird lose von einem Aluminiumschälchen *E* umgeben, das an dem leicht beweglichen, aus einer Messingröhre hergestellten Pendel *F* von 35 cm Länge befestigt ist. Oberhalb des Schälchens trägt die Pendelstange einen Aluminiumring *G*, in dessen Mitte ein Zeiger angebracht ist, hinter welchem sich die Skala befindet. An dem Ring ist überdies eine Hemmvorrichtung angebracht, die, wenn sie nicht ausgeschaltet ist, nur die Bewegung des Pendels von rechts nach links, nicht aber die entgegengesetzte gestattet.

Zum Gebrauch wird ein Sekundenschlagwerk in Tätigkeit gesetzt und bei geschlossenem Hahne *K*, indem man die Sekunden zu zählen beginnt, der Gashahn der Leitung geöffnet und das Leuchtgas durch die Röhre *C* in die Glaskugel eingeleitet, wo es die Luft verdrängt und nachher, meist durch die Röhre *B*, aber auch in weit geringeren Mengen durch die seitliche Öffnung und auch durch die untere ins Freie gelangt. Das aus der Röhre *B* entweichende Gas wird inzwischen entzündet und brennen gelassen. Man schließt dann den Gashahn, wenn zwischen dem Öffnen und Schließen desselben 30 Sekunden verstrichen sind. Die Flamme wird hierdurch sofort kleiner. Es beginnt das Ansaugen von Luft, sowohl durch die seitliche, als auch namentlich durch die untere Öffnung der Kugel, die Flamme nimmt allmählich eine bläuliche Farbe an, spaltet sich endlich, worauf die Flammentrennung eintritt; während die eine Flamme auf der Mündung der Röhre *B* verbleibt, gleitet die andere in bekannter Weise zur Kugel, wo sie die Explosion bewirkt. Die Gase aus dem Gefäße werden hierbei durch alle drei Ausgänge der Kugel plötzlich ausgestoßen, und jener Teil von diesen, der durch die seitliche Öffnung der Röhre *D* entweicht, setzt das Pendel in Bewegung und bewirkt, der Spannkraft der entweichenden Gase entsprechend, einen Pendelausschlag. Obgleich dieser nur einen aliquoten Teil der Explosionswirkung ausmacht, so steht er doch, da der Apparat bei den Untersuchungen unverändert bleibt, in einem bestimmten unabänderlichen Verhältnisse zu der Gesamtwirkung der Explosion. Auch regelt sich letztere automatisch auf die stets gleiche Explosionsgrenze des Leuchtgases, weshalb der Pendelausschlag der Explosion den Heizwert des Leuchtgases zum Ausdruck bringt. Solche Bestimmungen sind über zweihundert ausgeführt worden, deren Ergebnisse in der Originalabhandlung in Tabellen zusammengestellt sind.

Als Maßeinheit zum Vergleiche der angeführten Werte des Pendelausschlages wurde die Explosionswirkung benutzt, die ein Gemenge von gleichen Volumen Wasserstoff und Sumpfgas verursacht, wenn dieses mit demselben Apparate und unter gleichen Bedingungen zur explosiven Verbrennung gebracht wird.

Nachdem sich bei den Bestimmungen der Leuchtgasmischung mit Luft als auch der Mischung des Wasserstoffs mit Sumpfgas, unter den gewöhnlichen Umständen die Be-

rücksichtigung des Barometerstandes, der jeweiligen Temperatur und des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft aus besonders zu diesem Zwecke ausgeführten Untersuchungen nicht als unbedingt erforderlich herausgestellt hat, indem bei zehn solchen Proben nur eine Höchstdifferenz von etwas über 1% nachgewiesen werden konnte, ist die oben angeführte Maßeinheit unmittelbar als Maßstab für die Leuchtgasprobe zugrunde gelegt worden.

Die Versuche ergaben, daß die einzelnen Leuchtgasproben in ihrem Heizwerte jene des Gemenges von Wasserstoff und Sumpfgas um 0,36 bis 9,65% übertreffen.

Diese Methode läßt auch auf den Leuchtwert des Leuchtgases schließen. Bei Glühkörpern, deren Lichtintensität von der Verbrennungstemperatur des Leuchtgases abhängig ist, steht der Heizwert des Leuchtgases im geraden Verhältnis zu seinem Leuchtwert; allein auch wenn das Leuchtgas als solches verbrennt, und die Glut des ausgeschiedenen Kohlenstoffs für den Leuchtwert maßgebend wird, kann nach dieser Methode der Leuchtwert des Leuchtgases ermittelt werden. Man beobachtet nämlich, daß, wenn das Zuströmen des Leuchtgases in die Glaskugel abgesperrt wird, während das aus dem Apparate ausströmende Leuchtgas verbrennt, die Flamme eine gewisse Zeit in Anspruch nimmt, um abzubrennen und die Zündung in der Explosionskugel zu bewirken. Karburiert man das Leuchtgas, so wird das Abbrennen verlangsamt, mischt man etwas Wasserstoff dem Leuchtgase zu, so erfolgt das Gegenteil, die Brenndauer wird kürzer; die Zeitdauer, während welcher eine Flamme in dem angeführten Explosionsapparate abbrennt, hängt im wesentlichen von der Differenz zwischen den spezifischen Gewichten des in die Glaskugel einströmenden Gases und der Luft ab. Je leichter das Gas ist, desto schneller strömt es durch den Apparat empor, und um so mehr saugt es Luft mit; die vermehrte Menge von Sauerstoff beschleunigt das Abbrennen der Flamme. Ein schwereres Gas strömt langsamer, saugt demnach weniger Luft an, und seine Brenndauer wird entsprechend mehr Zeit in Anspruch nehmen. Man hat demnach, um den Leuchtwert des Gases zu ermitteln, nur die Anzahl der Sekunden, welche das Abbrennen der Flamme erfordert, von dem Zeitpunkte an, da der Hahn der Gasleituug geschlossen wird, bis zu dem Augenblicke der eintretenden Explosion, am besten mit Hilfe eines Chronometers, zu messen[1]).

Für die Abbrenndauer des Leuchtgases wurden beispielsweise die nachfolgenden Zahlen erhalten:

Nr.	Datum	Tageszeit	Abbrenndauer in Sekunden
1	23. November	3 Uhr	35,0
2	23. -	4 -	35,0
3	23. -	4 -	35,0
4	25. -	4 Uhr 30 Minuten	35,0
5	25. -	5 Uhr	34,5
6	25. -	5 Uhr 30 Minuten	34,0
7	25. -	4 Uhr	35,0
8	26. -	9 Uhr 30 Minuten	35,0
9	26. -	10 - 45 -	34,0
10	26. -	12 - 30 -	34,0

Bezüglich der Einzelheiten der übrigen Messungen wird auf die Originalabhandlung verwiesen. Die Versuche zeigten, daß der Leuchtwert des Leuchtgases jenen des Gemenges von Wasserstoff und Sumpfgas um 25,9 bis 29,6% übertrifft.

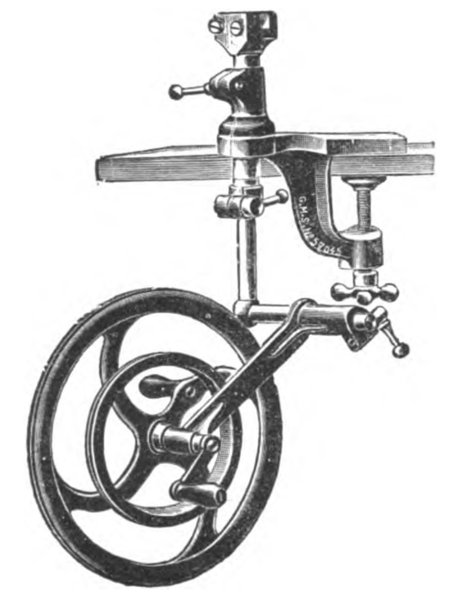
Die angestellten Untersuchungen gaben Aufschluß über den Heizwert und Leuchtwert des Leuchtgases innerhalb jener Grenzen der Genauigkeit, welche chemisch-technische Analysen einzuhalten pflegen; ihre einzelnen Untersuchungsphasen sind sehr scharf gekennzeichnet, wodurch Beobachtungsfehler kaum zu gewärtigen sind, und die einzelnen Bestimmungen nehmen nur wenige Minuten in Anspruch. — Der Apparat wird von der Firma W. J. Rohrbecks Nachfolger in Wien angefertigt. (*Vierteljahrsberichte des Wiener Vereins z. Förd. d. phys. u. chem. Unt., XIV. Heft 2. S. 93 ff., Wien. 1909.*)

O.

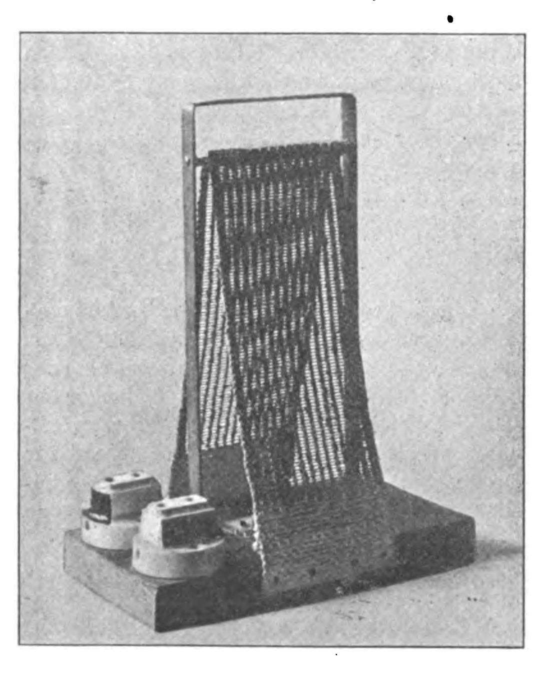
Uhrmacherwerkzeug als Laboratoriumsgerät. Von W. Volkmann. (*Physikal. Zeitschr. 1909, Nr. 18.*) Der Verfasser empfiehlt ein sehr genau gearbeitetes, durch die Gelenkigkeit seiner Befestigung sehr vielseitig verwendbares und ungemein billiges Antriebsrad für Drehbewegungen. Seine ursprüngliche Bestimmung ist, als Halter und Antrieb für eine

[1]) Diese Bestimmungen der Abbrenndauer der Flamme als auch die der Ermittelung des Pendelausschlages werden für gewöhnlich bei jeder Probe gleichzeitig ausgeführt, und für jede neue Untersuchung wird der Apparat mittels einer Saugvorrichtung gereinigt, indem letztere mit dem Rohre M in Verbindung gebracht und der Hahn K geöffnet wird.

Uhrmacherdrehbank zu dienen, die in dem in der Figur oben sichtbaren Schlitz mit zwei Schrauben festgeklemmt wird. Der Durchmesser des Rades beträgt 21 cm und der Preis bei Julius Busse, Berlin, Grünstr. 3, 13,20 Mark einschließlich Tischklemme.



Billige und handliche Vorschaltwiderstände. Von W. Volkmann. (*Physikal. Zeitschr. 1909, Nr. 18.*) „Die beistehende Figur zeigt einen Vorschaltwiderstand für eine Bogenlampe von 5 Amp. Stromstärke zum Anschluß an 220 Volt. Bei richtiger Ausnutzung des Lichtes reicht eine solche Bogenlampe für alle optischen Versuche, die sich überhaupt mit künstlichem Licht objektiv darstellen lassen, vollkommen aus. Ich bin allmählich mit verbesserter Lampenform, und indem ich das Licht besser ausnutzen lernte, von 25 Amp. auf 5 Amp. heruntergegangen, und bis jetzt ist noch jeder mit den leuchtenden Spektren, die ich damit erziele, zufrieden gewesen[1]).



Der Widerstand besteht aus einem von Schniewindt in Neuenrade, Westfalen, bezogenen Asbestgitterwiderstandsband, dessen Preis etwa anderthalb Mark beträgt. Es ist ein Gewebe, dessen Kette aus Asbestfäden und dessen Einschlag aus Neusilberdraht besteht. Das ganze Band hat 10 cm Breite und 55 cm Länge, doch besteht bei den ersten und letzten 5 cm des Bandes auch der Einschlag aus Asbest, so daß man hier das Band annageln kann. Das Band ist mit einem Gerüst aus Bandeisen, dessen oberer runder Querstab mit Asbestpapier bewickelt ist, in einer für den Luftzug günstigen Form über einem Grundbrett ausgespannt. Seine freien Drahtenden sind zu je einem Loch zweier Anschlußdosen geführt, deren andere Löcher unter sich kurz verbunden sind. In einem Laboratorium, in dem vielfach Ungeübte mit der Bogenlampe arbeiten, ist es nützlich, diese Anschlußdosen von denen an der Wand verschieden zu nehmen; es ist dann ganz unmöglich, die Lampe ohne den richtigen Vorschaltwiderstand anzuschließen. Für stärkere Ströme schaltet man mehrere dieser Widerstände auf einem längeren Grundbrett parallel. Es ist das vorteilhafter als die Verwendung dickdrähtiger Widerstände.

Die Widerstandsbänder, die die genannte Firma auch bei Bezug nur weniger Stücke bereitwilligst in den verschiedensten Längen, Breiten und Widerstandswerten herstellt, sind auch sonst vielfach verwendbar. Beim Gebrauch von Wechselströmen sind sie durch ihre sehr geringe Kapazität und Selbstinduktion sehr wertvoll. Versieht man sie auf beiden Seiten mit Doppelklemmen, so kann man sie leicht nach Bedarf in größerer Zahl parallel schalten und große Belastungswiderstände zusammensetzen. Die Widerstände werden auf Wunsch übrigens auch mit Abzweigungen hergestellt.“ *W. Vn.*

[1]) Über die Anordnung siehe die Schrift des Verfassers: Der Aufbau physikalischer Apparate aus selbständigen Apparatenteilen. Berlin, J. Springer, 1905, Seite 66.)

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Taschenbuch für Mathematiker und Physiker. Unter Mitwirkung von Fr. Auerbach, O. Knopf, H. Liebmann, E. Wölffing u. a. herausgegeben von Felix Auerbach. Mit einem Bildnis Lord Kelvins. Leipzig, B. G. Teubner, 1909. 450 S.; geb. M 6,—.

Nach dem Beispiel anderer Wissenschaften hat sich auch für die Mathematik und Physik das Bedürfnis nach einem Taschenbuch herausgestellt, das die für den Gebrauch wichtigsten Daten aus den beiden Wissenschaften enthält. In dem vorliegenden Bande nimmt die Mathematik 203, die Physik 147, die allgemeine Chemie 19 Seiten ein. Was die Auswahl des Stoffes betrifft, so fällt auf, daß in der Physik vielfach auch solches Material dargeboten ist, was sich in den meisten Lehrbüchern findet und zu dem festen Bestand des Unterrichts gehört. Der Zweck des Taschenbuchs kann aber offenbar nicht der sein, ein Lehrbuch zu ersetzen; es sollte vorwiegend die Formeln, Daten und Konstanten bringen, die der praktische Physiker braucht, und zwar die Werte, die nach dem jeweiligen Stand der Forschung die zuverlässigsten und neuesten sind. So sollten die magnetischen Elemente nicht für 1905, sondern für 1908 angegeben sein; dem Ref. ist wohl bekannt, daß das nicht leicht ist, aber gerade deswegen sollte ein Taschenbuch dies leisten. Zugleich müßten die wichtigsten Fortschritte des letztverflossenen Jahres, also wenigstens 1907, in dem Buche zusammengestellt sein. Dies wäre wohl wertvoller als eine sukzessive kompendiöse Behandlung von Lehrbuchkapiteln. Auch in dem mathematischen Teil scheint der Unterschied von Taschenbuch und Repetitorium nicht streng eingehalten zu sein. Angehängt sind Übersichten der Zeitschriften, der Gesellschaftsschriften, der neu erschienenen Bücher, eine Totenliste, Listen der Hochschullehrer und der Mittelschullehrer. Den Beginn macht ein kurzes Kalendarium (das aber nicht quer gedruckt sein sollte) nebst sehr willkommenen astronomischen Daten und eine verständnisvoll geschriebene Lebensskizze von Lord Kelvin aus der Feder des Herausgebers. *P.*

La machine à influence, son évolution, sa théorie par V. Schaffers. Paris, Gauthier Villars, 1908. 506 p.

Der Verfasser hat bereits 1898 eine kürzere Schrift über die Theorie der Influenzmaschine erscheinen lassen und sich auch mehrfach an dem Ausbau dieser Maschine beteiligt. Er bietet jetzt eine interessante und gründliche Darstellung der historischen Entwicklung der Maschine und fügt hinzu, was nach den neueren Forschungen über ihre Theorie zu sagen ist. Dabei interessiert uns besonders die Stellung, die er unserm verdienstvollen W. Holtz zuweist. Er erkennt an (S. 171), daß beide Arten von Maschinen, sowohl die einfache, wie auch die selbsterregende mit doppelter Drehung, zuerst von Holtz angegeben sind (vgl. diese Zeitschr. *17*, *193*); für Wimshurst macht er geltend, daß er seiner eigenen Erklärung nach nichts von der die zweite Art betreffenden Veröffentlichung von Holtz gewußt habe, und daß ihm doch bezüglich der Einbürgerung dieser Art Maschine ein Verdienst zukomme, da in Deutschland die daraufbezüglichen Vorschläge von Holtz in Vergessenheit geraten seien. In bezug auf die Erklärung der Maschine sagt der Verfasser (S. 77), man hätte die Maschine längst besser verstanden, wenn man den theoretischen Ideen des Erfinders mehr Aufmerksamkeit geschenkt hätte. Der umfangreiche mit 197 Figuren ausgestattete Band behandelt in seinem zweiten Teil (S. 238–506) die allgemeine Theorie und bietet am Schluß beachtenswerte Resultate vergleichender Messungen an den verschiedenen Typen dieser Maschinen. *P.*

Die Maxwellsche Theorie und die Hertzschen Schwingungen; die Telegraphie ohne Draht. Von H. Poincaré. Aus dem Französischen übersetzt von Max Iklé. Leipzig, Johann Ambrosius Barth, 1909. 199 S. Geb. M 3,50.

Auch dieses Werk des geistreichen Verfassers zeigt wieder alle Vorzüge, die seinen Schriften eigen sind, vor allem eine große Kunst der Darstellung abstrakter Gegenstände und das Talent, schwierig zu begreifende Vorgänge durch mechanische Gleichnisse zu erläutern. So wird beispielsweise die Abstoßung entgegengesetzt gerichteter elektrischer Ströme durch den Zentrifugalregulator verdeutlicht. Von der drahtlosen Telegraphie werden nur die Grundzüge an den einfachsten Versuchsanordnungen erläutert, zugleich aber mancherlei Probleme, die sich daran knüpfen, in lichtvoller Weise erörtert. Die Übersetzung liest sich leicht und ist wohlgelungen. *P.*

Die Elektrizität. Von L. Poincaré. Übersetzt von Prof. Dr. A. Kalähne. Leipzig, Quelle & Mayer, 1909. 261 S. M 3,80; geb. M 4,40.

Das Buch ist eine Ergänzung zu der „modernen Physik“ desselben Verfassers; es ist wie dieses weder für Fachmänner allein noch bloß für unerfahrene Anfänger geschrieben, sondern für den großen Kreis von bis zu einem gewissen Grade physikalisch und technisch Gebildeten, denen die neueren Fortschritte sowohl der Theorie wie der Technik ihrem prinzipiellen Charakter nach näher kennen zu lernen erwünscht ist. Das Buch löst seine Aufgabe meisterhaft; ohne eine Formel zu benutzen, gibt es ein Bild der neueren Forschungen über den Magnetismus, dann über Induktion und elektrischen Strom, über Generatoren, Motoren, Übertragung elektrischer Energie, chemische und elektrische Energie, elektrische Beleuchtung und schließt mit einem kurzen Kapitel über die künftige Entwicklung der Elektrizität, worin die Vakuumröhren eine hervorragende Rolle zu spielen berufen sind. Das Buch ist reich an interessanten Daten und lehrreichen Perspektiven, so daß die Lektüre auch für den Kundigen einen Genuß bildet. *P.*

Die Schwerebestimmung an der Erdoberfläche. Von Prof. Dr. J. B. Messerschmidt. Mit 25 Abbildungen. (Die Wissenschaft, Heft 27.) Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn, 1908. 158 S. M 5,—; geb. M 5,80.

Von den Methoden zur Bestimmung der Schwere werden sowohl die absoluten Messungen mit Fadenpendel und Reversionspendel als auch die relativen Bestimmungen mit dem transportabeln Halbsekundenpendel von Sterneck, dem invariabeln Reversionspendel von Defforges und andere eingehend beschrieben. Mitgeteilt werden danach die Ergebnisse sowohl für die normale Schwerkraft (am Äquator und in Meereshöhe $\gamma_0 = 9{,}78046$) als auch für ihre Verteilung auf der Erde, für die Konstitution der Erdrinde, die räumliche und zeitliche Veränderung der Schwerkraft und den Einfluß der Schwerkraft auf die geometrischen Höhenmessungen (wegen der Nichtparallelität der Niveauflächen). *P.*

Die Kraftfelder. Von V. Bjerknes. Mit 29 Abbildungen. (Die Wissenschaft, Heft 28.) Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn, 1909. 173 S. M 7,—; geb. M 7,80.

Den Gegenstand des Werkes bilden die auffälligen, bereits von C. A. Bjerknes, dem Vater, gefundenen Analogien zwischen hydrodynamischen und elektromagnetischen Felderscheinungen; die Haupteigenschaften der hydrodynamischen Felder werden in elementarer synthetischer Form dargestellt, und im Anschluß daran die Versuche beschrieben, die zur Verifikation und Veranschaulichung der Resultate führen. Daran schließt sich eine strengere mathematische Darstellung der hydrodynamischen Analogie und schließlich eine Theorie der Kraftfelder in Medien mit gyrostatischen Eigenschaften. Es bleibt eine Reihe von Fragen offen, die zu weiterer Forschung auf diesem Gebiet auffordern. *P.*

Die atmosphärische Elektrizität. Methoden und Ergebnisse der modernen luftelektrischen Forschung. Von H. Mache und E. v. Schweidler. Mit 20 Abbildungen. (Die Wissenschaft, Heft 30.) Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn, 1909. 247 S. M 6,—; geb. M 6,80.

Die Verfasser geben in diesem Buche eine dankenswerte Übersicht über die Methoden und die Ergebnisse der überaus umfangreichen Forschungen auf diesem Gebiet. Es sind in den einzelnen Kapiteln folgende Gegenstände behandelt: Das elektrische Feld der Atmosphäre; die Elektrizitätsleitung der Atmosphäre; die Ionen der Atmosphäre; die Ionisatoren und Elektrisatoren der Atmosphäre; elektrische Strömungen in der Atmosphäre; leuchtende Entladungen in der Atmosphäre; Theorien der atmosphärischen Elektrizität. Im Anhang ist ein sehr umfassender Literaturnachweis gegeben. *P.*

Entwicklungsgeschichte der reinen und angewandten Naturwissenschaft im XIX. Jahrhundert. I. Band: Die Naturphilosophie und ihre Überwindung durch die erfahrungsgemäße Denkweise (1800—1850). Von Dr. Otto Byck. Leipzig, Joh. Ambrosius Barth, 1909. 654 S. M 15,—; geb. M 16,—.

Den vorliegenden Band eröffnet eine glänzend geschriebene kulturgeschichtliche Einleitung, die den Aufstieg der Naturphilosophie sowie ihren Niedergang und das Aufblühen einer induktiven Naturforschung in Deutschland behandelt. Es schließen sich daran der Reihe nach die Einzeldisziplinen: Physik, Chemie, Technik, Mineralogie, Geologie, Mathematik, Astronomie, Zoologie, Botanik, Medizin. Die Darstellung hat einen großen Zug und bemüht sich, die „Ursachen des Fortschritts, die Richtung und die Gipfelstellen der Entwicklung“ hervorzuheben; auch an persönlichen Charakteristiken und Einzelzügen, die

dazu beitragen, die Darstellung lebensvoll zu gestalten, fehlt es nicht. Die Gliederung ist überaus geschickt und natürlich; manche Abschnitte lesen sich wie kleine in sich geschlossene Monographien. Mit der Einfügung von Verweisungen auf andere Stellen des Buches ist der Verfasser jedoch wohl zu weit gegangen; die doppelte Zahlenreihe, die den Text durchsetzt und begleitet, verwirrt mehr, als daß sie das Aufsuchen erleichterte. Der zweite Band stellt sich die schwierige Aufgabe, den Einfluß des Gesetzes von der Erhaltung der Kraft auf allen wissenschaftlichen Gebieten in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts aufzuzeigen; man darf gespannt sein, wie dem Verfasser die Lösung dieser Aufgabe gelingen wird. *P.*

Aus der Werkstatt großer Forscher. Allgemein verständliche erläuterte Abschnitte aus den Werken hervorragender Naturforscher aller Völker und Zeiten. Bearbeitet von Dr. Friedrich Dannemann. 3. Auflage des I. Bandes des Grundrisses einer Geschichte der Naturwissenschaften. Mit 62 Abbildungen und 1 Spektraltafel. Leipzig, Wilhelm Engelmann, 1908. XII und 430 S. M 6,–; geb. M 7,—.

Es ist sehr dankenswert, daß der Verfasser sich entschlossen hat, den ersten Band seines Grundrisses, der die Auszüge aus den Originalschriften großer Forscher enthält, getrennt herauszugeben. Der Wert dieser Zusammenstellung ist bereits früher in dieser Zeitschr. *10*, *262* eingehend gewürdigt worden. Manche Stücke sind, sofern dafür Zeit vorhanden ist, im Unterricht verwendbar, das Ganze aber ist vorzüglich geeignet, reiferen Schülern zum Privatstudium in die Hand gegeben zu werden. Die vorliegende Auflage enthält sieben neue Stücke, nämlich aus Keplers Dioptrik, aus Newtons Prinzipien, aus John Mayows Schrift über Verbrennung und Atmung, aus Lamberts Photometrie, aus Faradays Experimentaluntersuchungen (zwei Stücke), aus Brückes Schrift über das Protoplasma. Nicht alle sind gleich gut geeignet, in die Werkstatt der Forscher einzuführen; so gibt namentlich Newton mehr eine Lehrdarstellung als eine Entdeckungsgeschichte, auch das Stück aus Lambert ist wenig bedeutend, aber immer ist es von Wert, die Forscher selbst über ihren Gegenstand sprechen zu hören. Das Werk sei auch in dieser neuen Form dem Interesse aller Lehrer der Naturwissenschaften empfohlen. *P.*

Astronomische Erdkunde. Von Prof. Otto Hartmann. Mit 30 Textfiguren, 1 Sternkarte und 99 Übungsaufgaben. Zweite umgearbeitete Auflage. Stuttgart u. Berlin, Fr. Grub, 1907. 74 S.; geb. M 1,20.

Die zweite Auflage dieser bereits in Jahrgang 19 angezeigten Schrift weist manche erhebliche Verbesserungen auf, auch von den Figuren sind einige erneuert, eine größere Zahl neu hinzugekommen. Zu beanstanden bliebe nur Fig. 11, in der die Lotabweichungen in einer neuerdings beliebten, aber im Grunde doch didaktisch unzulässigen Übertreibung dargestellt werden. In der sonst so exakt gearbeiteten Schrift sollte dies bei einer nächsten Auflage richtiggestellt, auch die wahre Größe der Abweichungen, z. B. am Shehallian, hinzugefügt werden. *P.*

Der Bau des Weltalls. Von Prof. Dr. J. Scheiner. Mit 26 Figuren im Text und auf 2 Tafeln. 3. verb. Auflage. (Aus Natur und Geisteswelt, Bd. 24.) Leipzig, B. G. Teubner, 1909. 132 S. M 1,25.

Das empfehlenswerte Schriftchen (vgl. diese Zeitschr. *15*, *51*) erscheint in fast unveränderter Gestalt, nur sind einige Berichtigungen vorgenommen und die neueren Ergebnisse tunlichst berücksichtigt. *P.*

Die Planeten. Von Prof. Dr. Bruno Peter. Mit 18 Figuren im Text. (Aus Natur und Geisteswelt, Bd. 240.) Leipzig, B. G. Teubner, 1909. 131 S. M 1,25.

Das Bändchen setzt sich aus einer Reihe von Monographien über die einzelnen Planeten (einschließlich der Erde) zusammen und bietet namentlich auch vieles historisch Interessante, z. B. die näheren Umstände der Entdeckung des Neptun. Die genaue Mitteilung dessen, was über die physische Natur der Planeten bekannt ist, begegnet einem weit über die Fachkreise hinaus verbreiteten Interesse und wird dem Schriftchen zahlreiche Leser zuführen. *P.*

Jahrbuch der Naturwissenschaften 1908—1909. Vierundzwanzigster Jahrgang. Herausgegeben von Dr. Joseph Plaßmann. Mit einem Bildnis von Dr. Max Wildermann und 27 Abbildungen. Freiburg i. B., Herder, 1909. XII u. 462 S. Geb. M 7,50.

Nach dem Tode M. Wildermanns, der zusammen mit Benjamin Herder dieses Jahrbuch begründete, hat der als Astronom bekannte Prof. Plaßmann in Münster die Herausgabe übernommen. Seinem Vorgänger widmet er einen pietätvollen Nachruf. Die

Einteilung des Buchs ist ebenso wie die Mehrzahl der Mitarbeiter unverändert geblieben. Die Physik ist von H. Konen in einer vortrefflich gelungenen zusammenhängenden Darstellung behandelt, die Chemie von K. Dammann, die Astronomie vom Herausgeber, der auch noch zwei Artikel zur Kalenderfrage und über natürliche und künstliche Zeit beisteuert. Von den übrigen Abschnitten seien besonders noch Meteorologie (mit Luftschiffahrt), Angewandte Mechanik, Industrie und industrielle Technik hervorgehoben. Den Schluß bilden Himmelserscheinungen vom 1. Mai 1909 bis 1. Mai 1910 und das Totenbuch von 1908. *P.*

Leitfaden für physikalische Schülerübungen. Von Hermann Hahn. Mit 225 Textfiguren. Berlin, Julius Springer, 1909. IV u. 357 S. Geb. M 3,—.

Das für die Hand des Lehrers bestimmte „Handbuch" desselben Verfassers (vgl. diese Zeitschr. *22*, *202*) hat schnell wohlverdiente Anerkennung gefunden; es sei hier nur das Urteil eines hervorragenden amerikanischen Fachmannes, Chas. S. Smith in Chicago, angeführt, der seinen dortigen Kollegen den Rat gibt, wenn sie noch kein Deutsch verständen, sollten sie es jetzt lernen, um von dem Hahnschen Werke Nutzen ziehen zu können. In dem vorliegenden, für Schüler herausgegebenen Leitfaden sind die sämtlichen 213 Aufgaben des Handbuches zusammengestellt, aber es ist alles fortgelassen, was mehr zur Orientierung des Lehrers über die Technik der Versuche und die Auswertung der Ergebnisse dient. Angegeben sind bei jeder Aufgabe die zur Ausführung erforderlichen Geräte und der genaue Gang der Versuche. Die Anleitungen lassen erkennen, daß es dem Verfasser nicht bloß auf die Übung im Experimentieren ankommt, sondern daß ihn der Blick auf hohe methodische und pädagogische Ziele leitete, und so wird auch dieses Buch an seinem Teil der Vervollkommnung des physikalischen Unterrichts dienen. Es wird zugleich, wenn es sich in den Händen der Schüler befindet, dem Leiter der Übungen seine schwierige Aufgabe beträchtlich erleichtern. *P.*

Biologie und Physik. Ein Beitrag zur Konzentration der naturwissenschaftlichen Fächer. Von Dr. Walther Schönichen. Mit 125 Abbildungen im Text. Leipzig, R. Voigtländer, 1909. 146 S. M 2,—; geb M 2,80.

Der Verfasser hat seinen Fachgenossen, die den physikalischen Unterricht erteilen, mit diesem Büchlein ein dankenswertes Geschenk gemacht. Es ist von hohem Interesse, die Anwendungen physikalischer Gesetze auf dem Gebiet der organischen Natur kennen zu lernen. Namentlich umfangreich und mannigfach sind die Beispiele über den luftverdünnten Raum, ihnen schließen sich solche über die unterkühlten Flüssigkeiten, den Hebel, die Zentrifugalkraft, die elektrischen Fische, das Parallelogramm der Kräfte an. Wir müssen uns das Eingehen auf Einzelheiten versagen, können auch eine Verwendung der dargebotenen Beispiele im Physikunterricht nur in sehr beschränktem Maße befürworten. Denn diese Anwendungen sind vornehmlich doch Sache der Einzelgebiete, denen sie zugehören, und die auch von uns lebhaft befürwortete Konzentration der naturwissenschaftlichen Fächer wird in diesem Falle überwiegend dadurch verwirklicht werden, daß die Biologie die Bezugnahme auf die Physik angelegentlich pflegt. Auch kann eine mechanistische Weltanschauung nicht (wie der Verfasser wünscht) dadurch bekämpft werden, daß der Physiker die physikalisch erklärbaren Lebensvorgänge behandelt, wohl aber dadurch, daß der Biologe bei Besprechung der betreffenden Erscheinungen das mehr als Physikalische, das in der zweckvollen Organisation der lebenden Wesen liegt, kräftig betont. In dieser Richtung hätte der Verfasser wohl noch etwas weniger zurückhaltend sein können. *P.*

Physik und Chemie in gemeinverständlicher Darstellung. Zum Selbstunterricht und für Vorlesungen. Von Prof. Dr. B. Weinstein. 2. vollständig umgearbeitete und erweiterte Auflage. 1. Band: Allgemeine Naturlehre und Lehre von den Stoffen. Mit 18 Abbildungen. Leipzig, Joh. Ambrosius Barth, 1909. 271 S. M 4,20; geb. M 4,80.

Das Buch ist, wie schon bei der 1. Auflage (diese Zeitschr. *11*, *192*) angedeutet, für nachdenkliche Leser bestimmt, die sich über die Grundbegriffe der Wissenschaft Klarheit verschaffen wollen; solche werden auch durch die teilweise abstrakte Behandlung des Gegenstandes in dem ersten Teil des Bandes (S. 1 bis 88) nicht abgeschreckt werden. Der zweite, größere Teil behandelt die Physik und Chemie der Substanzen und geht nach einer Darstellung der allgemeinen physikalischen Eigenschaften sehr ausführlich auf die Chemie der anorganischen und organischen Stoffe ein. Die vielfach berücksichtigten Beziehungen zum praktischen Leben machen diesen Teil

lesbarer, als es nach dem ersten Eindruck bei dem fast völligen Mangel veranschaulichender Figuren scheinen könnte. Immerhin dürfte es für den Laien recht schwierig sein, auf vorwiegend gedanklichem und buchmäßigem Wege diesen reichen Erfahrungsstoff zu bewältigen. *P.*

Trappes Schul-Physik. 16. Auflage, neu bearbeitet von Dr. Th. Maschke. Nebst einem Anhang: Die einfachsten chemischen Erscheinungen mit Berücksichtigung der Mineralogie von Dr. Julius Schiff. Mit 1 farbigen Spektraltafel und vielen Abbildungen im Text. Berlin, Ferdinand Hirt, 1909. 440 und 83 S. M 5,—.

In dieser neuen Auflage (vgl. diese Zeitschr. *17, 183*) sind nun auch die Wärmelehre und die Optik neu umgearbeitet worden. Die erstere hat zum größten Teil Herr Dr. Ahrendt (jetzt Realschuldirektor in Haynau) verfaßt; sie folgt im wesentlichen den alten Traditionen; bemerkenswert ist eine geschickte Darstellung der Mayerschen Ableitung des Wärmeäquivalents und eine gute schematische Figur der Dampfmaschine mit liegendem Zylinder, während bei der sonst recht hübschen Figur des Gasmotors die hier besonders wichtige Steuerung fehlt. Die Optik folgt in der Anordnung teilweise neuen Bahnen, auch einige einfache neue Versuche sind angegeben, dagegen hätte z. B. der veraltete halbkreisförmige Glastrog zur Demonstration der Lichtbrechung durch eine modernere Vorrichtung ersetzt sein können. Die Astronomie fehlt dem Buche, die auf die Gravitation bezüglichen Abschnitte sind zweckmäßig in die Mechanik eingereiht, doch denkt sich der Verfasser ihre Behandlung der Oberprima vorbehalten. Das Buch stellt in seiner nunmehr fertigen neuen Gestalt ein recht empfehlenswertes Unterrichtsmittel dar.

Der ebenfalls schon früher besprochene chemische Anhang ist auch in einer Sonderausgabe erschienen, die seine Benutzung neben einem anderen Physikbuche ermöglicht. *P.*

Leitfaden der Physik. Von Prof. H. Klingelhöfer, Oberlehrer an der Großherzogl. Oberrealschule in Darmstadt. Mit 334 Figuren. Gießen, Emil Roth, 1908. 187 S. M 1,60; geb. M 2,—.

Der Leitfaden ist für die Unterstufe bestimmt. Der Verfasser hält dafür, daß in der Mechanik vielfach der deduktive Weg einzuschlagen sei, weil die induktive Methode zu schwierig sei Dies mag für manche Fälle zugestanden werden, rechtfertigt aber doch nicht eine so abstrakte Behandlungsweise, wie sie besonders im Beginn der Mechanik § 22–25 und namentlich § 27 eingeschlagen ist. Die Betonung der Erhaltung der Arbeit ist gewiß schon bei der schiefen Ebene (§ 34) am Platze, man soll sie aber nicht rein dogmatisch einführen, wie es dort geschieht; die bloße Behauptung, daß der Arbeitsbetrag eine für jeden gegebenen Fall konstante Größe sei, reicht dafür nicht aus. Erst beim Hebel (§ 46) wird eine Art von Erläuterung gegeben. An dem einleitenden Kapitel über allgemeine Eigenschaften hält der Verfasser noch fest, obwohl dies fast von allen Seiten verworfen worden ist. Zu den übrigen Abschnitten wäre noch manches zu bemerken, doch beschränkt sich Referent auf den Hinweis, daß die Figuren zum großen Teil doch gar zu primitiv sind. Schematische Figuren sind in einem Lehrbuch durchaus angebracht, aber solche Abbildungen von Dampfmaschinen wie Fig. 120 und 121 sind nicht einmal für eine rasch hingeworfene Wandtafelskizze geeignet. *P.*

Einführung in die Theorie des Magnetismus. Von Dr. Richard Gans, Privatdozenten an der Universität Tübingen. 40 Textfiguren, VI und 110 Seiten. Leipzig, B. G. Teubner, 1908. M 2,40.

Das Buch stellt eine mathematische Ergänzung zu Ewings Induktion in Eisen und verwandten Metallen und zu den Magnetischen Kreisen von Du Bois dar; bei seinem geringen Umfang konnte es sich nicht darum handeln, die Theorie vollständig darzustellen; der Verf. hat sich vielmehr auf die Herleitungen beschränkt, die für die Praxis, insbesondere auch für die magnetische Instrumentenkunde, von Bedeutung sind. Die mathematischen Entwicklungen sind möglichst einfach gehalten, speziellere Fragen sind oft durch kurze Andeutung und Quellennachweis berücksichtigt. Bei der Besprechung der permanenten Magnete kommen des Verfassers eigene Untersuchungen zur Geltung. Die Stelle im § 2 „d. h. wir zeichnen eine H-Linie auf der unendlich kleinen Flächeneinheit" ist nicht recht verständlich. Die Symbole der Vektorrechnung werden bei den wichtigsten Formeln mit angeführt und erläutert, als Rechnungshilfsmittel aber nicht verwendet. Das Buch füllt eine tatsächlich bestehende Lücke aus und wird sich gewiß viele Freunde erwerben. *W. Vn.*

Die Geschichte der Telegraphie. Erster Teil. Von Th. Karrass, Geh. Postrat und Ober-Tele-

grapheningenieur. (Telegraphen- und Fernsprechtechnik Nr. IV.) Braunschweig, Vieweg & Sohn, 1909. XII u. 702 S., m. d. photogr. Nachbildg. eines eigenhänd. Briefes von Morse sowie 618 Abb. i. Text u. auf 7 Tafeln. Geh. M 28,—; geb. M 30,—.

Die Geschichte der Naturwissenschaften und Technik erfreut sich mit Recht in neuerer Zeit steigender Wertschätzung; den der Geschichte der technischen Wissenschaften gewidmeten Werken reiht sich nun das vorliegende an. Der dazu wie kaum ein zweiter berufene Verfasser gibt hier eine ganz vortreffliche und vollständige Übersicht über die Entwickelung der Telegraphie bis einschließlich der elektrischen Einrichtungen zur „wechselzeitigen" Übermittelung telegraphischer und telephonischer Nachrichten, während Gegensprechen, Doppelsprechen, Doppelgegensprechen usw. dem — hoffentlich bald folgenden — zweiten Teile vorbehalten sind. Der Verf. überläßt es mehr oder weniger dem Leser, die feinen Fäden der Entwickelung selbst zu knüpfen, und begnügt sich, allerdings in vortrefflich klarer Behandlungsweise, die einzelnen Methoden und Apparate unter kritischer Würdigung ihrer Vorteile und Nachteile in ihrer zeitlichen Aufeinanderfolge zu beschreiben, wobei ihm als Rahmen die Einteilung in „nichtelektrische" (mechanische, hydraulische, pneumatische, optische, akustische), „reibungselektrische" und „elektrische Ströme verwendende Telegraphen" dient. Auf diese Weise ist es ihm möglich gewesen, ein erstaunliches Material zu bewältigen und andererseits über die vielgestaltige Menge der Apparate eine gute Übersicht zu geben, deren Wert durch reichliche Literaturnachweise noch erhöht wird. Allerdings erscheint dabei der Zusammenhang der Entwickelung nicht so evident, und es sei der Wunsch ausgesprochen, daß am Schlusse des zweiten Teiles noch eine diesen Zusammenhang zur Darstellung bringende Übersicht gegeben werden möge. Im einzelnen sei folgendes bemerkt: In § 16 wären als sehr wichtig die Windsemaphorstationen unserer Küsten, in § 34 und 35 die Jahreszahlen anzugeben gewesen, im gleichen Abschnitte das akustische System von Gauthey (1782) zu erwähnen; die §§ 88 ÷ 95 gehörten nach Ansicht des Ref. richtiger zu den optischen Telegraphen, zuzufügen wären die modernen Nachtsignalapparate der Marine sowie die von Ruhmer erfolgreich versuchte Lichttelegraphie (und Telephonie) mittelst Scheinwerfer, Selenzelle, Vibrationsgalvanometer und Morseschreiber. Zu S. 40 ist zu berichtigen, daß Columbus 1492 die „Linie ohne Deklination" entdeckte. Bei den Drucktelegraphen (§§ 145 ÷ 158) wäre doch wohl auch der interessanten Konstruktionen von Cerebotani zu gedenken gewesen. Bei dem Buchstabenschreibtelegraphen von Hipp (§ 177), der gewissermaßen einen Übergang zu den — nicht behandelten — eigentlichen Fernschreibern oder Telautographen bildet, wäre eine ausführlichere Schriftprobe sehr angebracht gewesen. § 179 (Anmerkung 1) vermißt Ref. den Hinweis auf den automatischen Telegraphen von Siemens 1854. Die Ausstattung ist sehr gut, nur läßt die Heftung zu wünschen übrig. Das Werk sei angelegentlichst der Beachtung empfohlen.

W. B. v. Czudnochowski.

Einführung in die Elektrotechnik. Hochschulvorlesungen. Von Dr. C. Heinke, ord. Prof. an der Techn. Hochschule München. Leipzig, S. Hirzel, 1909. XX u 501 S., 512 Abb. i. Text. Geh. M 13,—; in Leinwandband M 14,—.

Einführung in die Elektrotechnik. Physikalische Grundlagen und technische Ausführungen. Von R. Rinkel, Prof. d. Maschinenlehre u. Elektrotechnik a. d. Handelshochsch. Cöln. (Teubners Handbücher für Handel und Gewerbe.) Leipzig, B. G. Teubner, 1908. VI u. 463 S., 445 Abb. i. Text. Geh. M 11,20; in Leinwandband M 12,—.

Einführung in die Elektrotechnik. Sieben Experimentalvorträge. Von Prof. Anton Zeemann. Wien und Leipzig, A. Hartleben, 1907. VIII u. 168 S., 117 Abb. i. Text. Geh. M 2,70.

Zwar übereinstimmenden Titels sind die angezeigten drei Werke, doch gänzlich verschiedenen Charakters. Für das Heinkesche Buch ist der Titel eigentlich zu bescheiden gewählt, da es tatsächlich ein wirkliches Lehrbuch der Elektrotechnik ist, umfassender und inhaltreicher als manches diesen Titel führende Buch. Der Verf. unterscheidet zweierlei Arten von Bestandteilen seines Stoffes, solche grundsätzlichen und daher nur wenig veränderlichen, und solche die Anwendung und Ausgestaltung betreffenden und demnach stark veränderlichen Charakters, und hat dieses in seinem Buche auch sehr geschickt zum Ausdruck gebracht, indem er auf die Erarbeitung eines tieferen Verständnisses der Grunderscheinungen und Grundgesetze besonderen Wert legt, wobei folgerichtig die praktischen Anwendungen als Beispiele erscheinen, deren „Modernität" mehr in den Hintergrund tritt; damit ist dann auch die Möglichkeit gegeben, ohne Schädi-

gung des Wertes des Ganzen ältere interessante Konstruktionen zu berücksichtigen. Das Gebiet ist in 220 §§ mit großer Vollständigkeit behandelt, wir finden u. a. auch Elektrisiermaschinen (§ 29), Telegraphie ohne Draht (§§ 109÷116), Funkeninduktor (§ 125), Mikrophonsummer (ebenda), elektrolytische Unterbrecher (§ 126), Teslaversuche (§ 135), elektrische Klingel und Hebemagnete (§ 136); am Schlusse sind noch in zwei Abschnitten die Meßinstrumente (§§ 199÷208) und Leitungsanlagen nebst Anschlußapparaten (§§ 209÷220) besprochen. Das Buch besitzt eine besonders auch in eingehender Behandlung der Wellenstromerscheinungen zutage tretende persönliche Note. Die Ausstattung ist vornehm.

Das Buch von Rinkel lehnt sich ebenfalls an Vorlesungen, aber solche für Eisenbahnbeamte, an, dabei Wissenschaftlichkeit mit gemeinverständlicher Ausdrucksweise vereinend; behandelt ist nur die Starkstromtechnik, die Licht- und Krafterzeugung. Die Darstellung ist klar und im allgemeinen dem Zwecke ganz entsprechend. Auf S. 2 ist Absatz 2 Ende der Satz vom Fluidum doch recht anfechtbar, Gleichstrommaschinen für mehr als 1000÷2000 Volt sind schon verschiedentlich gebaut, so eine, allerdings als Versuch, von Thury für 27000 Volt (S. 133), Hörnerblitzableiter haben sich bisher noch durchaus als die einfachsten und besten Blitzschutzvorrichtungen erwiesen (S. 298), S. 401 hätte die Vielfachsteuerung an Hand eines Schemas eingehender erläutert, statt nur ihrer Bedeutung nach erklärt, werden müssen, Elektromobile sind seit geraumer Zeit in verschiedenen Formen (Feuerwehrfahrzeuge, Droschken) in erheblicher Anzahl in Verwendung (S. 418), die bisher umfassendste Darstellung der Untersuchungen über den Lichtbogen findet sich nicht bei Monasch (S. 423), sondern im Buche des Ref. (Leipzig, Hirzel), die Darstellung betr. das Flammenbogenlicht (S. 435) ist unrichtig, insofern gerade die Einführung der die Ökonomie erhöhenden Fluorverbindungen das Verdienst Bremers ist, die Verwendung des Blasmagneten ist im Gegensatz zu der Behauptung des Verf. eine ziemlich häufige; typische Bogenlampen fehlen ganz, von Fig. 426 abgesehen Bei der *Hg*-Lampe hätte vor allem die Quarzlampe Erwähnung verdient; von Metallfadenlampen sind nur Osmium-, Osram-, Tantallampe genannt, *Ir*-, *Zr*-, *Wo*- usw. Lampen fehlen ganz. Die Abbildungen sind mit wenigen Ausnahmen gut und zweckentsprechend. Das Buch sei der Beachtung empfohlen.

Ganz anders geartet ist die als dritte genannte Zeemannsche Schrift. Hervorgegangen aus im Jahre 1906 zuerst gehaltenen Experimentalvorträgen macht sie keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sondern will nur die im täglichen Leben dem einzelnen gelegentlich oder häufiger vorkommenden Anwendungen der Elektrizität, von der Schwachstromtechnik abgesehen, behandeln. Der Verf. läßt dabei die im Schulunterricht behandelten Erscheinungen im wesentlichen unberücksichtigt und beginnt seine Darlegungen mit dem magnetischen Kraftfelde. Der Inhalt gliedert sich in: 1. Gleichstrommaschinen, Kraftübertragung; 2. Wechselstrom- und Drehstrommaschinen, Transformatoren und Umformer; 3. Maße und Meßapparate, Elektrochemie, Akkumulatoren; 4. Zentralen, Bahnen; 5. Leuchttechnik, Lichttelephonie; 6. Hochspannungserscheinungen, Gasentladungen, Röntgenstrahlen; 7. elektrische Schwingungen, Radiotelegraphie. Man sieht, der behandelte Stoff ist recht reichhaltig. Die Darstellung ist klar und lebendig, wenn auch aus naheliegenden Gründen von jeder Benutzung rechnerischer Hilfsmittel und Lehrsätze abgesehen ist; die Illustrierung ist reichhaltig und durchaus zweckmäßig. Das Buch ist, namentlich auch für Schulbibliotheken, warm zu empfehlen.

W. B. v. Czudnochowski.

Die edlen und die radioaktiven Gase. Von Sir William Ramsay, K. C. B., Nobel Laur., Prof. an der Universität London. Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft 1908. Mit 16 Abb. 39 S. M 1,80.

Das Büchlein, ein in Wien gehaltener, fast populärer Vortrag, beginnt mit Priestley und Cavendish, der vor 120 Jahren, ohne es zu wissen, reines Argon dargestellt hatte, und schließt mit den verblüffenden, alchymistisch anmutenden Versuchen Ramsays über die Einwirkung von Radiumemanation auf andere Stoffe. Die Diktion ist so liebenswürdig und klar, so einfach, obwohl fast nur Arbeiten des Verfassers selbst referiert werden, daß der Vortrag wie ein Kunstwerk wirkt. Es ist ein eigentümlicher Zufall, daß Ramsays erste Ruhmestat, die Entdeckung der fünf neuen Luftbestandteile, mit seinem zweiten Arbeitsgebiet, den radioaktiven Erscheinungen, so eng verknüpft ist. Ramsay deutet an, daß wahrscheinlich die Radiumemanation eines der fehlenden höheren Glieder der Argonklasse ist. — Der Vortrag, der eine

Fülle von Belehrung und Anregung bringt, sei allen Lesern der Zeitschrift auf das wärmste empfohlen. *W. Roth-Greifswald.*

Die Bedeutung der Lehre von der chemischen Reaktionsgeschwindigkeit. Von Privatdozent Dr. Julius Meyer. Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft. 1908. IV u. 64 S. Brosch. M 2,—.

Das Buch behandelt kurz und leichtfaßlich an wenigen, gut gewählten Beispielen die Lehre von der chemischen Kinetik und ihre Anwendungen auf die organische und anorganische Chemie, die chemische Technik, auf biologische Fragen und auf die Untersuchung der radioaktiven Stoffe. Letztere werden zum guten Teil ja nur durch eine kinetische Konstante, die Zerfallsgeschwindigkeit, charakterisiert. Da das kleine Buch die erweiterte Niederschrift von Vorträgen darstellt, hat der Verfasser von Namennennungen und Zitaten abgesehen. Es wäre sehr zu wünschen, daß einer neuen Auflage mindestens als Anhang Literaturnachweise beigegeben würden. Der Verfasser beschränkt sich auf die „vollständig" verlaufenden Reaktionen. Auch hier wäre vielleicht eine Erweiterung am Platze. *W. Roth-Greifswald.*

Moderne Chemie. Von Sir William Ramsay. I. Teil: Theoretische Chemie. Ins Deutsche übertragen von Dr. Max Huth. 2. Auflage. Halle, W. Knapp, 1908. M 2,—.

Der eigentümliche Wert des Buches wurde bereits bei seinem ersten Erscheinen gekennzeichnet (diese Zeitschr. *19*, *51*). In der neuen Ausgabe ist interessant die Hinzufügung eines nur wenige Seiten zählenden Abschnittes über „die Natur der Elektrizität". Der Verfasser stellt sich hier ganz auf den Boden der Elektronentheorie und gelangt z. B. hinsichtlich der Elektrolyse zu den knappen Sätzen (S. 59): „Aus ... Lösungen können die Elemente in freiem Zustande abgeschieden werden, indem den Metallionen Elektronen zugeführt, den nichtmetallischen Ionen solche entzogen werden. Eine galvanische Batterie ist also eine Maschine, durch welche den Ionen Elektronen zugeführt oder entzogen werden können, eine Art elektrischer Druck- und Saugpumpe." Die vielfältigen historischen Hinweise bilden eine besondere Zierde des Werkes. Das Buch bedarf einer weiteren Empfehlung nicht. *O.*

Kurzes Lehrbuch der analytischen Chemie in zwei Bänden. Von J. P. Treadwell. 1. Bd. Qualitative Analyse. Mit 25 Abbildungen und 3 Spektraltafeln. 6. Auflage. Leipzig u. Wien, F. Deuticke, 1908. M 9,—.

Das bewährte Buch ist in dieser Zeitschrift wiederholt Gegenstand der Besprechung gewesen (*15*, *249*; *16*, *316*; *17*, *377*), so daß es genügt, auf das Erscheinen der neuen Auflage hinzuweisen. In dieser sind die Spektraltafeln erneuert, während im Text allenthalben die Spektra der wichtigsten Metalle in Wellenlängen angegeben sind. Das vielseitige, auf dem Boden der modernen Theorien stehende Werk sei von neuem der Beachtung empfohlen. *O.*

Naturlehre (Physik und Chemie) für höhere Mädchenschulen, Lehrerinnen-Seminare und Mittelschulen. Von K. Meyer, Kaiserl. Seminardirektor in Straßburg i. E. Mit 338 Abbildungen. 5. Aufl. Leipzig und Wien, Freitag & Tempsky, 1908. 258 S. M 3,—.

Der Wert des Buches wird außerordentlich dadurch beeinträchtigt, daß weder dem physikalischen noch dem chemischen Teile ein Register beigegeben ist. Auf diesen Umstand wurde bereits gelegentlich der Besprechung einer früheren Auflage (*16*, *123*) ausdrücklich hingewiesen. Bemerkenswert für die vorliegende Ausgabe ist, daß der Verfasser der Neigung, den Stoff zu vermehren, mit der Begründung widerstanden hat, daß es besser sei, auch in den Schulen, für welche das Buch bestimmt ist (s. o.), Schülerübungen einzuführen, anstatt noch mehr Unterrichtsstoff in den Lehrstunden durchzuarbeiten. Bezüglich des sonstigen Wertes des Buches verweisen wir auf die frühere Besprechung. *O.*

Lehrbuch der Chemie. Für höhere Lehranstalten bearbeitet von Georg John und Rudolf Sachsse. Mit 101 Figuren im Text. Kleine Ausgabe. Leipzig und Berlin. B. G. Teubner.

Das Lehrbuch zerfällt in vier Teile, von denen der erste (im ungefähren Umfang von 100 Seiten) dem Vorworte nach den Lehrstoff für den propädeutischen Unterricht darbieten soll. Der zweite, der annähernd denselben Umfang besitzt, ist zur systematischen Einführung in die anorganische Chemie bestimmt; der dritte, etwas kürzere, soll als Grundlage für den Unterricht in der organischen Chemie dienen. Den Schluß bilden ausgewählte Kapitel aus der chemischen Technologie; ein Anhang enthält gegen 100 stöchiometrische Aufgaben. Nach der in Preußen üblichen Verteilung des Stoffes müßte demnach der erste, nahezu ein

Drittel des Buches erfüllende Teil in U II durchgearbeitet werden, während die übrigen zwei Drittel den Stoff für den dreijährigen Unterricht in Obersekunda und Prima liefern würden, eine offenbar wenig zweckmäßige Einteilung, deren Grund in einer zu starken Überlastung des ersten Teils zu suchen ist. Was dieser Teil enthält, dürfte sich nur schwer im Laufe eines Jahres in zwei wöchentlichen Unterrichtsstunden mit Untersekundanern gründlich durcharbeiten lassen, und es muß bezweifelt werden, ob die eingehende Erörterung der Oxyde des Stickstoffs und des Chlors, der Säuren des Phosphors, Arsens und Antimons, der Wasserstoff- und Chlorverbindungen des Phosphors und anderer Stoffe überhaupt in den propädeutischen Unterricht gehört, und ob es selbst im eigentlichen chemischen Unterricht vorteilhaft ist, die zuerst erwähnten Verbindungen, deren Verständnis selbst reiferen Schülern Schwierigkeiten bereitet, so frühzeitig zu besprechen, wie es die Verff. dem Platze nach tun, den sie diesen Stoffen in ihrem Lehrbuch anweisen. Indes läßt sich darüber streiten, da das erreichbare Ziel, wenn auch nicht ausschließlich, so doch zum guten Teil durch die Geschicklichkeit des Unterrichtenden bestimmt wird. Sicher gehört aber die nahezu einen Druckbogen füllende Erörterung über die chemischen Theorien, die den Schluß des ersten Teils bildet, nicht in den vorbereitenden chemischen Unterricht. Die Verff. bemerken in der Vorrede, daß sich der in dem Buche innegehaltene wissenschaftliche Standpunkt den neueren Anschauungen in der Chemie anzupassen versuche, ohne dabei auf die didaktisch wertvollen älteren Auffassungen zu verzichten. Diese Bemerkung bezieht sich anscheinend auf die Auffassung der Sauerstoffsäuren, -basen und -salze, für welche die Verff. an vielen Stellen die alte Berzeliussche Schreibweise verwenden, und die sie, wiewohl sie sich längst als irrig herausgestellt hat, um ihres didaktischen Wertes willen beibehalten zu müssen glauben. So wird z. B. die Einwirkung des Zinks auf verdünnte Schwefelsäure (S. 10) folgendermaßen geschildert: Bei granuliertem Zink . . . wird die Affinität des Zinks zum Sauerstoff durch die Anwesenheit der Schwefelsäure (von der zuvor erwähnt ist, daß sie bei der Elektrolyse des Wassers „eine vermittelnde Rolle“ spiele) so gesteigert, daß sich Zinkoxyd bildet, und Wasserstoff frei wird. Die Schwefelsäure hat danach das Bestreben, das entstehende Zinkoxyd zu binden und mit ihm schwefelsaures Zinkoxyd zu bilden. Welchen didaktischen Vorzug diese Darstellung, die bekanntlich den Tatsachen nicht entspricht, da der Wasserstoff aus der Säure und nicht aus dem Wasser stammt, vor der zurzeit noch üblichen Auffassung des Vorganges als einer Substitution des Säurewasserstoffs durch das Zink besitzen soll, ist schwer einzusehen, um so schwerer, als die Verff. auch um die letztere Auffassung natürlich nicht herumkommen. Denn auf S. 16 sagen sie bei der Neutralisation der Natronlauge durch Salpetersäure, daß ein Ersatz des Wasserstoffs der Salpetersäure durch das Natrium des Natriumhydroxyds eintrete, wobei natriumhaltige Salpetersäure (sic!) oder salpetersaures Natrium entstehe. Dieses Bestreben, zwei nicht vereinbaren Auffassungen gleichzeitig gerecht zu werden, führt zu eigenartigen Formulierungen für chemische Vorgänge, von denen als Beispiel die Gleichung (S. 19):

$$ZnO, H_2O + H_2O, N_2O_5 =$$
$$ZnN_2O_6 + 2\,H_2O = Zn(NO_3)_2 + 2\,H_2O$$

angeführt werden mag. Und nur wenige Zeilen darunter wird die Formel des Kaliumnitrits K_2O, N_2O_3 geschrieben. Welche Schreibweise soll denn nun eigentlich der Schüler anwenden? Bald werden die Säureanhydride (z. B. S. 19: Dreifachstickoxyd besitzt Säurecharakter), bald die wäßrigen Lösungen der Oxyde der Nichtmetalle (S. 31) als Säuren bezeichnet, bald endlich werden die Formeln der Säuren in der seit einem halben Jahrhundert üblichen Form geschrieben. Es ist zu befürchten, daß ein solches Verfahren einige Verwirrung in den Köpfen der Schüler hervorruft, und daß der damit angerichtete Schaden größer ist als der Nutzen, den der vermeintliche didaktische Wert veralteter Ansichten stiften kann.

Bedenklich sind die sachlichen Fehler, die sich in nicht geringer Anzahl namentlich in dem ersten Teil des Buches finden, und von denen nur einige hier angemerkt werden sollen. Dem Stickoxyd ist S. 17 die unrichtige Formel N_2O_2 beigelegt, lediglich wegen der besseren äußeren Übereinstimmung, die dadurch mit den Formeln der andern Oxyde des Stickstoffs erzielt wird. S. 19 steht dann die richtige Formel mit der eigentümlichen Begründung, daß man die Formeln in der Regel gekürzt schreibe; auch im systematischen Teil (S. 133) ist die richtige Formel angegeben, dort wird aber behauptet, das Stickoxyd sei „nicht riechbar“, während wir bekanntlich über die Einwirkung dieses Stoffes auf den Geruchssinn nichts wissen, da die

Verbindung an der Luft sogleich in Stickstoffdioxyd übergeht. S. 37 wird behauptet, die Bromoxyde seien beständiger als die Chloroxyde — und doch ist kein einziges Oxyd des Broms bekannt. Unrichtig ist auch die Behauptung S. 39, die Verbindungen des Fluors seien noch wenig untersucht, und seine Metallverbindungen seien wenig zahlreich. Man kennt doch Fluoride genug, und der Fluorit ist beispielsweise nach den verschiedensten Richtungen hin gründlich untersucht worden. Daß sich beim Verbrennen von Schwefel überhaupt kein Trioxyd bildet (S. 46), ist falsch; denn dann müßte das Verbrennungsprodukt ein farbloses Gas sein; daß es undurchsichtig und grau ist, rührt eben von dem beigemengten Trioxyd her. Methan gibt nicht mit der doppelten Menge (S. 68), sondern dem doppelten Volumen Sauerstoff ein explosives Gasgemisch. Die Carboxylgruppe als aus einer Kohlenoxyd- und einer Hydroxylgruppe bestehend anzunehmen (S. 65), ist unstatthaft. Was heißt überhaupt Kohlenoxydgruppe? Die Gruppe CO wird Carbonylgruppe genannt; sie ist aber für Ketone und nicht für Säuren charakteristisch. S. 101 findet sich der Satz: „Daß die Affinität zwischen zwei Körpern durch Wärmezufuhr erhöht wird, lehrt auch das Zusammenschmelzen von Eisenpulver mit Schwefel zu Schwefeleisen. Wir haben es hier mit einem endothermen, also wärmeaufsaugenden Vorgang zu tun und können die verbrauchte Wärme als Bildungswärme bezeichnen." Nun ist aber bekanntlich das Schwefeleisen eine stark exothermische Verbindung, deren Entstehung unter Entwicklung von rund 26 Kal. pro Mol erfolgt, und das, was hier wie in ähnlichen Fällen durch die bei Wärmezufuhr eintretende Temperatursteigerung erhöht wird, ist die Reaktionsgeschwindigkeit. Ähnliche Unklarheiten finden sich auch sonst in dem den chemischen Theorien gewidmeten Teil, auf die einzugehen aus Mangel an Raum unmöglich ist.

Der zweite Teil enthält das Wesentlichste von den Eigenschaften der Elemente und ihren Verbindungen in der üblichen systematischen Aufzählung; hier sind auch die Metalle eingehender berücksichtigt, über die der erste Teil nur einige allgemeine Betrachtungen bringt. Das gelbe Blutlaugensalz als Doppelsalz aufzufassen (S. 178), ist unstatthaft; dasselbe gilt von dem Berliner und dem Turnbullschen Blau (S. 179). Der organische Teil bringt eine Auswahl organischer Verbindungen ohne besondere Berücksichtigung ihres genetischen Zusammenhangs. Neu war dem Referenten die S. 274 sich findende Angabe, daß das Eosin aus der Rosanilinbase dargestellt werde. Das Verfahren ist leider nicht mitgeteilt.

Berlin. *H. Böttger.*

Leitfaden der Chemie für die siebente Klasse der Gymnasien. Von Dr. Franz von Hemmelmayr. Mit 21 Figuren. Wien, Alfred Hölder, 1908. 63 S. Geb. M 1,—.

Das Buch ist für die siebente Klasse der österreichischen Gymnasien geschrieben, die seit 1906 im zweiten Semester zwei wöchentliche Lehrstunden für Chemie erhalten hat. Es bildet einen Anhang zu dem verbreiteten Lehrbuch der Physik von Dr. K. Rosenberg und zeigt in allen Teilen die gleiche Übersichtlichkeit der Anordnung wie das Hauptwerk. Die in dem Begleitworte ausgesprochene Hoffnung, einen geeigneten Führer durch das chemische Lehrgebäude abzugeben, dürfte das kleine Werk überall erfüllen, wo es von einem gründlich durch Versuche in alle Teile einführenden Fachmanne verwendet wird. Denn daß viel mehr des Buchinhaltes in Experimenten vorgeführt werden muß, als das Buch selbst in Gestalt von Versuchsbeschreibungen bringt, ist wohl auch bei einem auf 40 Lehrstunden (s. Begleitwort) beschränkten Unterrichte unbedingt notwendig. Soll der Klassenunterricht in einem halben Jahre mit dem Wichtigsten aus der Chemie fertig werden, so erscheint ja ausnahmsweise der im ganzen systematische Lehrgang und einige Genügsamkeit im Experiment nicht ungerechtfertigt. Immerhin hätte z. B. eine Versuchsreihe, wie die Verwendung von Kalkwasser für kohlensäurehaltige Luft, auch im Leitfaden angedeutet werden können.

Der Umfang, in dem die Theorien der Chemie behandelt sind, ist besonders bei der erwähnten Kürze des Klassenunterrichtes beträchtlich zu nennen. Auch elektrolytische Dissoziation, Massenwirkungsgesetz und Benzolring fehlen nicht. In 40 Stunden kann sicher nur ein Teil davon behandelt werden. Bisweilen sind auch einzelne Stoffgruppen recht zu eingehend dargestellt (so die verschiedenen Phosphor- und Borsäuren). Daß 6 Seiten des Buches vom Organischen berichten, ist erwünscht. Das Wort Assimilation wird freilich vermißt. In der Fig. 1 sieht man nicht den Verbleib des aus dem Gasometer abfließenden Wassers. Der Rohrstutzen ist außerdem wagerecht gezeichnet; statt des kupfernen wird ein gläserner Behälter für die Sauerstoffentwicklung in so kleinem Betriebe auch von

Rosenberg empfohlen (Experimentierbuch I, 2. Aufl., S. 374). Die übersichtlichen technologischen Erörterungen (z. B. über Gewinnung der Metalle) ermöglichen infolge ihrer Knappheit und Klarheit eine schnelle und sichere Orientierung. Daß die Metalle untereinander keine chemischen Verbindungen bilden, ist aber wohl eine etwas zu weit gehende Konzession an den elementaren Charakter des Leitfadens. *H. Rebenstorff.*

Lehrbuch der Chemie und Mineralogie für den Unterricht an höheren Lehranstalten. Von Dr. A. Lipp, Professor an der Kgl. Techn. Hochschule in München. I. Teil, Nichtmetalle und Mineralogie. Mit 96 Abbildungen, VIII u. 171 S. II. Teil, Metalle und Organische Chemie. Mit 36 Abbildungen und einer Spektraltafel, IV u. 207 S. Vierte, verbesserte Auflage. Stuttgart und Berlin, Fr. Grub, 1908.

Bei der nunmehr in zwei Teilen erfolgten Ausgabe des Buches sind Anordnung und Umfang nicht wesentlich verändert worden. Es kann daher auf die Besprechungen früherer Auflagen in dieser Zeitschr. *14*. *372* und *18*, *313* verwiesen werden. Die Mineralogie ist der Chemie der Nichtmetalle angeschlossen worden, bei Verwendung des zweiten Teiles wird jener Anhang mitbenutzt werden müssen. Auch der zweite Teil wird mit einer theoretischen Einleitung von 20 Seiten eröffnet. Hier befinden sich die noch in der vorigen Auflage vermißten Ausführungen der neueren physikalischen Chemie; besonders klar ist der osmotische Druck und van 't Hoffs Gesetz behandelt. Auf die Heranziehung neuerer Fortschritte der experimentellen Technik ist andererseits verzichtet. Auch das Beispiel für chemische Vereinigungen (S. 12), Eisen und Schwefel, mit der gedachten Zweiatomigkeit der Moleküle ist unveränderte Theorie geblieben. Einer Revision bedürfen ferner die Atomgewichtszahlen in den Überschriften neben den Elementennamen. Es heißt u. a.: *Mg* (24,18) 24 — einfache Meßversuche mit dem Metalle würden dabei nicht stimmen —, *Bi* (206,4) 206,5, *Ag* (107,12) 107, *Hg* 198,5. Verschwinden sollten aus Schulbüchern Bezeichnungen wie Flüssigkeitsbläschen, die bei Gasentwicklungen mitgerissen würden (S. 105), und Schwefelsäurebläschen (S. 87), die über rauchender Schwefelsäure den Nebel bildeten. *H. Rebenstorff.*

Lehrbuch der Chemie für höhere Lehranstalten und zum Selbstunterricht. Ein Lehrgang auf moderner Grundlage nach methodischen Grundsätzen bearbeitet von Dr. E. Kotte, Oberlehrer in Dresden. 1. Teil. Einführung in die Chemie. Mit 117 Fig. Dresden-Blasewitz, Bleyl & Kämmerer, 1908. VIII u. 205 S.; geb. M 3,—.

Wer das Vorwort des vorliegenden Buches liest und die Entwicklung der chemischen Lehrbuchliteratur nicht genauer verfolgt hat, kann leicht zu der Ansicht geführt werden, als handle es sich hier um ganz neue Bestrebungen. Dies ist indessen nicht der Fall. Das Spezifische des Buches ist das starke Heranziehen der in der Wissenschaft zurzeit geltenden modernen Theorien. In dieser Hinsicht hat das Buch verschiedene Vorläufer, deren nennenswerteste Lüpke und Bräuer sind. Freilich in der Art, wie es die neueren Begriffe bringt, schlägt das Buch im ganzen ersten Abschnitt, auf den ja immer viel ankommt, einen Weg ein, den man zwar nicht als einen ganz neuen oder eigenen bezeichnen kann — dazu lehnt es sich zu eng an Ostwalds didaktische Arbeiten an —, der jedoch von dem bis jetzt in der chemischen Methodik Erarbeiteten stark abweicht, und der sich nach der Überzeugung des Ref. — trotzdem sonst das Buch in fachwissenschaftlicher Hinsicht eine an sich gediegene Arbeit darstellt — als ein Irrweg herausstellen wird. Das Buch geht hier für ein Mittelschullehrbuch viel zu abstrakt vor. Das erste „Die Unterscheidung und Trennung der Stoffe" behandelnde Kapitel bringt im ersten, etwa drei Seiten umfassenden Paragraphen „Körper und Stoffe" einige allgemeine Eigenschaften der Körper, z. B. auch den Begriff der „spezifischen Eigenschaften" eines Körpers, gelangt dann zu Sätzen wie „Jeder Stoff umfaßt eine große Anzahl von Einzeldingen, die in ihren spezifischen Merkmalen übereinstimmen", und schon auf Seite 3 wird von Chemie gesprochen, und zwar wird gleich als „das Grundgesetz" aufgestellt: „Alle Körper lassen sich in Klassen mit völlig übereinstimmenden Eigenschaften oder in Stoffarten ordnen. Die Kenntnis der Stoffe . . . . ist Aufgabe der Chemie." Und weiterhin (S. 15): „Die Chemie ist die Lehre von den gleichteiligen oder homogenen Stoffen." Das ist für einen Unter- oder bestenfalls Obersekundaner viel zu abstrakt. Beiläufig sei bemerkt, daß S. 46 das Gesetz von der Erhaltung des Gewichts als das „1. Chemische Grundgesetz" aufgestellt wird, so daß nicht ersichtlich wird, welches als erstes gelten soll. Auch die Aufstellung des erkenntnistheoretischen Gesichtspunktes (S. 3): „Wir wollen uns von Anfang an von der vulgären Anschauung

freimachen, als ob es außer den Eigenschaften noch etwas gäbe, was wirklicher oder wesenhafter sei als diese. Denkt man sich von einem vorliegenden Körper der Reihe nach sämtliche Eigenschaften weggenommen, so bleibt nichts übrig ....“ — halten wir für entschieden verfrüht; hier werden dem Schüler Gedankenoperationen zugemutet, die einer gesunden Entwicklung des naiven Denkens nicht förderlich sind. In § 2 gelangen „Die physikalischen Eigenschaften der Stoffe“ zur Behandlung. Die ziemlich in extenso (S. 3...15) gehaltenen Ausführungen über „Masse und Gewicht“, „Dichte und spezifisches Gewicht. Die Räumigkeit der Stoffe“, „Schmelzpunkt und Siedepunkt“ usw. an der Hand einzelner Versuche lassen doch die Frage als gerechtfertigt erscheinen: Muß der chemische Unterricht ganz von vorn anfangen? Kann er sich gar nicht auf den vorangegangenen und parallellaufenden physikalischen Unterricht stützen? In der Mehrzahl der obigen Punkte muß der chemische Unterricht vom physikalischen Entlastung erwarten, und es muß eine kurze Erwähnung oder eine Erinnerung genügen. Etwas anderes ist es, wenn in einem akademischen Lehrbuch, z. B. Ostwalds Grundlinien, all das, was die Chemie zu ihrem Aufbau von der Physik braucht, noch einmal übersichtlich gebracht wird. So erweist sich überhaupt der vorliegende I. Teil — die eigentliche „Einführung“ — als mehr akademisch. Das ist eine Anerkennung und eine Beanstandung zugleich. Akademisch (c. gr. s.) waren fast alle Mittelschullehrbücher bis zum Auftreten der durch Arendt eingeleiteten methodischen Bewegung. Diese ist noch keineswegs, wie der Verfasser meint, „dahin entschieden“, „daß man für die Grundlage den methodischen Gang für notwendig erachtet ...“, sondern sie zieht andauernd ihre Kreise weiter, denn ihr Ziel ist eine planmäßige Gestaltung des gesamten chemischen Mittelschul-Unterrichts. Weg und Ziel werden hier — wegen des erheblichen Unterschiedes in der Altersstufe — psychologisch-notwendig anders sein als beim akademischen Unterricht. Und wenn der Verf. meint, daß, sobald man die Erziehung zum Verständnis der physikalischen Grundlagen der Chemie als eine Hauptaufgabe des chemischen Unterrichts betrachtet, „die auf Arendtschen und Wilbrand[t]schen Gedankengängen fußenden Einleitungen, die mit der Betrachtung der atmosphärischen Luft und des Oxydationsprozesses einsetzen, jedenfalls nicht den ersten Ausgangspunkt des chemischen Unterrichts abgeben können“ —, so stimmen wir ihm hier durchaus nicht zu, höchstens in dem einzigen Punkte, daß die atmosphärische Luft und der Verbrennungsprozeß nicht an den ersten Anfang gehören. Die Nachteile eines solchen Verfahrens sind vom Ref. mehrfach dargelegt worden (vgl. bes. diese Zeitschr. *11*. *261*). Aber sonst ist die Methode, die an bestimmte Ausgangskörper — wohl am besten an Naturkörper — anknüpft, um allmählich die allgemeineren Begriffe und Gesetze zu entwickeln, sicherlich dem hier im Buche, zumal im ersten Kapitel (S. 1...44) verfolgten Verfahren bei weitem überlegen, besonders darin, daß sie einfacher — also dem jugendlichen Fassungsvermögen entsprechender — und konkreter vorgeht, und daß bei ihrer Anwendung das Prinzip des allmählichen sicheren Aufbaues oder des kontinuierlichen Fortschreitens viel bestimmter gewahrt werden kann. Auch ein Vorwegnehmen von Körpern und Erscheinungen braucht nur ganz vereinzelt zu geschehen. Hier dagegen ist derlei beinahe die Regel. Es wird der Schüler mit wer weiß wie vielen Stoffen mehr oder weniger oberflächlich bekanntgemacht, auf S. 21 z. B., gelegentlich der Lösungen, mit Kochsalz, Zucker, Soda, Pottasche, Glaubersalz, Bittersalz, Alaun, Kupfervitriol, Eisenvitriol, Salpeter, Salmiak, Kreide, Kalkstein und Marmor, Kleesalz und Kleesäure (Oxalsäure), Blutlaugensalz, die alle einzeln gekennzeichnet werden. Ein Gegenstück hierzu bildet die „... Übersicht der wichtigsten Elemente“, die fast volle 6 Seiten umfaßt, in denen eine große Menge Einzelheiten enthalten ist und bereits Metalle wie Kobalt, Chrom, Kadmium, Osmium mit aufgezählt und gekennzeichnet werden. Derartige vorläufige Übersichten — die in einem akademischen Buch vielleicht gerechtfertigt sind — halten wir für methodisch ganz verfehlt. Am meisten tritt die Vorwegnahme fundamentaler Erscheinungen im letzten Paragraphen des einführenden Kapitels hervor (S. 37...42), wo es sich um die „Chemische Änderung der Stoffe“ handelt. Hier wird in Versuchen bereits die trockene Destillation (von Zucker, Papier ..., Braunkohle, Steinkohle), das Brennen von Kalk, die Auflösung von Metallen in Säuren und sogar die Mischung zweier Salzlösungen (Pottasche und Kalialaun, Eisenvitriol mit Oxalsäure, gelbes und rotes Blutlaugensalz mit Eisenvitriol) vorgenommen, ohne näher erläutert zu werden, nur unter dem Gesichtspunkt „ob sich auch beim Zusammentreffen verschiedener Lösungen neue Stoffe ergeben“. Wir können

in all diesen Dingen einen Fortschritt hinsichtlich der chemischen Methodik nicht erkennen. Wesentlich günstiger ist der Inhalt der weiteren Kapitel zu beurteilen, da sich hier mehr der Einfluß der Mittelschul-Methodik zeigt. Im Interesse einer kontinuierlichen Entwicklung der chemischen Methodik, aber auch in Hinsicht der Gerechtigkeit, ist jedoch erwünscht, daß ein neu erscheinendes Buch diejenigen Lehrbücher und Leitfäden angibt, die bei der Abfassung von Einfluß gewesen sind. Dieser Brauch ist erfreulicherweise auch vielfach durchgedrungen; im vorliegenden Buche ist ihm nicht stattgegeben, abgesehen von der ausdrücklichen Erwähnung Ostwalds; die im 2. Teile gegebene Aufzählung von Werken, denen „Abbildungen“ entnommen sind, ist kein genügender Ersatz dafür.

In experimenteller Hinsicht ist als auffällig zu erwähnen, daß hier wieder der Versuch auftaucht, Natrium direkt in einem Zylinder aufsteigen zu lassen (S. 95), ein Versuch, bei dem notorisch schwere Unglücksfälle nicht ausgeschlossen sind. Nicht rationell ist ferner Fig. 36: Gewichtzunahme einer Kerze bei der Verbrennung; auf seiten der Kerze ist Ätznatron angebracht, auf der anderen sind nur die Gewichte. Eine solche Wage senkt sich auf seiten des stark hygroskopischen Ätznatrons in kurzer Zeit auch ohne Brennen der Kerze. Der Versuch ist natürlich nur einwandfrei, wenn auf beiden Seiten gleiche Mengen Ätznatron verwendet werden. Sonst ist aber die experimentelle Seite des Buches, abgesehen von dem ersten Hauptabschnitt, zumeist nur lobend hervorzuheben, ebenso die illustrative. Unverständlich ist es allerdings, daß in einem Buch, welches gerade ein korrektes Verständnis der neueren Anschauungen vermitteln will, die Elektrolyse der verdünnten Schwefelsäure als „Elektrolyse des Wassers“ vorgeführt wird. Erwähnenswert bleibt noch, daß das geschichtliche Moment bei weitem nicht genügend zu seinem Rechte kommt. *O.*

Einführung in die Elektrochemie. Von Prof. Dr. W. Bermbach in Köln. Leipzig, Quelle & Meyer, 1908. 140 S. Geb. M 1,25.

Bei der steigenden Bedeutung, die die Elektrochemie nicht nur für fundamentale Fragen der allgemeinen Chemie, sondern auch in praktischer Hinsicht immer mehr gewinnt, sind auch kurzgefaßte, mehr populärwissenschaftliche Schriften wie die vorliegende vielfach erwünscht. Sie gibt in ähnlicher Weise wie die vorzügliche Danneelsche Schrift (ds. Zeitschr. *21*, *350*) eine übersichtliche und klare Darstellung der wichtigsten Grundgesetze aus der Elektrizitätslehre und der physikalischen Chemie und behandelt in gleicher Weise das spezifisch elektrochemische Gebiet, die Theorie der elektrolytischen Dissoziation, die Leitfähigkeit der Elektrolyten, die Theorie der galvanischen Elemente usw. Die Schrift ist zur Orientierung über das Arbeitsgebiet angelegentlich zu empfehlen. *O.*

Jäneckes Bibliothek der gesamten Technik. Band 108: Laboratoriumstechnik. Von O. Bender. Mit 90 Abb. 149 S. M 2,60; geb. M 3,—. — Band 85: Elektrochemie. Von Dr. P. Ferchland, Patentanwalt. Mit 50 Abb. 144 S. M 2,20. — Band 30: Elemente der physikalischen Chemie. Von Dr. Joh. Brode. Mit 15 Abb. 148 S. M 2,20. — Hannover 1908, 1909, Dr. M. Jänecke.

Die Bändchen geben knapp gefaßte treffliche Übersichten der behandelten Gebiete. Das erstgenannte kennzeichnet die wichtigsten Manipulationen — wobei man allenthalben merkt, daß ein Praktiker die (vielleicht nicht immer ganz gewandte) Feder führt — und geht dann besonders näher auf die Gasanalyse ein. — Das zweite erörtert, mehr einleitend, einige elektrochemische Grundbegriffe und berücksichtigt dann hauptsächlich die praktischen Anwendungen der wissenschaftlichen Ergebnisse der Elektrochemie, wie die Gewinnung von Aluminium, die Calciumcarbidfabrikation, die technische Elektrolyse und die Galvanoplastik, an der Hand instruktiver Abbildungen. — Mehr rein wissenschaftlich, aber doch auch im Hinblick auf die technische Praxis, behandelt das dritte Bändchen die wichtigsten Gesetze der modernen physikalischen Chemie in anschaulicher Form. *O.*

Lehrbuch der Mineralogie und Geologie für höhere Lehranstalten. Von Dr. Bastian Schmid, Oberlehrer am Realgymnasium in Zwickau i. S. Zweite, verbesserte Auflage. I. Teil: Mineralogie. Mit zahlreichen schwarzen und farbigen Abbildungen. Eßlingen u. München, J. F. Schreiber 1908. 125 S. M 2,60.

Wir hatten bereits Gelegenheit, auf den Leitfaden der Mineralogie und Geologie, der aus dem „Lehrbuch“ hervorgegangen ist, empfehlend hinzuweisen (diese Zeitschr. *18*, *315*). Dies Lehrbuch selbst, das in zweiter Auflage vorliegt, gibt an der Hand farbiger Abbildungen, die meist vorzüglich zu nennen

sind, eine weitergehende systematische Übersicht der Mineralien, jedoch keine bloß wissenschaftlichen Beschreibungen derselben, sondern, zumal bei den hervorragend wichtigen, Schilderungen von weitergreifenden Gesichtspunkten aus, Betrachtungen über Entstehung und Umwandlung, die da besonders lebensfrisch werden, wo der Verfasser auf die Wechselwirkungen zwischen dem Reich des Anorganischen und des Organischen näher eingeht. Den zweiten Teil (S. 103...120) bildet eine sehr anschaulich gehaltene Gesteinslehre. Das Buch ist geeignet, der Mineralogie neue Freunde zuzuführen. *O.*

Aus der Natur. Zeitschrift für alle Naturfreunde. Herausgegeben von Dr. W. Schönichen. IV. Jahrgang 1908/09. Mit 4 farbigen Tafeln und 433 Abbildungen im Text. Leipzig, Quelle & Meyer. 768 S. Jährlich 24 Hefte. M 8,—.

Die Zeitschrift macht einen überaus stattlichen Eindruck; es ist dem Geschick des Herausgebers namentlich gelungen, eine Anzahl hervorragender Fachmänner zur Mitarbeit an diesem Unternehmen heranzuziehen, das die Kenntnis der neuesten Fortschritte der Naturwissenschaft in weite Kreise hinaustragen soll. An Zahl und Umfang überwiegen die biologischen und geologisch-paläontologischen Aufsätze, aber auch aus der Physik und Chemie sind nennenswerte zusammenfassende Darstellungen vorhanden, so über moderne Beleuchtung (Nothdurft), Wettervorhersage (van Bebber), flüssige Kristalle (O. Lehmann), Calciumkarbid (Lassar-Cohn) — die Schreibweise Kalzium sollte ausgemerzt werden —, Uran (H. Kauffmann) u. a. m. Das Buch eignet sich auch als Weihnachtsgeschenk für ältere und jüngere Naturfreunde. *P.*

Natur und Erziehung. Monatsschrift zur Verbreitung und Pflege der Naturwissenschaften in Schule und Haus. Herausgegeben von Dir. Dr. Fr. Dannemann (allgemeiner Teil) und Prof. Dr. K. Smalian (Schülerbeilage). Stuttgart, Franckhsche Verlagshandlung. Heft I, 32 u. 8 S., Heft II, 32 u. 8 S. Jährlich 12 Hefte. M 8,—.

Die neue Zeitschrift will in erster Reihe die Ausbildung der Persönlichkeit durch Erziehung zur Selbsttätigkeit in der Schule wie im Hause fördern. Dies ist ein schätzenswertes Ziel, das durchaus allgemeine Anerkennung verdient. Das Programm des Herausgebers weist jedoch neben diesem noch so viele andere Ziele auf, daß man, zumal bei dem geringen Umfang der Zeitschrift, an das alte treffende Wort erinnert wird *„qui trop embrasse, mal étreint"*. Die ersten beiden Hefte zeigen denn auch noch eine gewisse Direktionslosigkeit; neben Aufsätzen über die Gärten der Vergangenheit (8 S.) und den botanischen Garten zu Dahlem (8 S.), über den ethischen Bildungswert der Naturwissenschaften (7 S.) finden sich solche über Werktätigkeit und Selbstfinden (vom Herausgeber), über Schülerübungen (A. Maehser), dann wieder über Naturschutz und Selbsterhaltung, über die „Wandervogel"bewegung (8 S.), über den Mars, über die Himmelserscheinungen im Oktober und November (Plaßmann). Man muß dem Unternehmen wünschen, daß es sich in der Folge mehr und mehr um bestimmte Aufgaben konzentriert, dann wird auch die Wirkung nicht ausbleiben. Die Schülerbeilage enthält Artikel über die Spinnen des Waldes im Spätsommer, über unsere insektenfressenden Pflanzen, über die Erscheinungen des Vogelzuges; ein Artikel von Wilhelm Ostwald, einfache chemische Versuche für die Hand des Schülers, tritt recht anspruchsvoll auf, bringt aber z. B. über die Überkaltung nichts, als was schon besser, klarer und zuverlässiger in Weinholds so verdienstvoller Vorschule der Experimentalphysik gesagt ist. *P.*

Versammlungen und Vereine.

Naturwissenschaftlicher Ferienkursus zu Berlin.

5.—16. Oktober 1909.

An dem Ferienkursus für Lehrer höherer Schulen nahmen diesmal 36 Herren teil, von denen die größte Zahl aus den mittleren und östlichen Teilen der Monarchie gekommen war, einige aus dem Westen, ein Teilnehmer aus Bremen, einer aus Brünn in Österreich. Der Kursus wurde wie stets von dem Geh.-Rat Provinzialschulrat Dr. Vogel eröffnet.

Die Vorlesungen waren folgende: Geh.-Rat Prof. Dr. Rubens, über das Sehen im

Hellen und Dunkeln, $1\frac{1}{2}$ St. im Physikalischen Institut. — Prof. Dr. GEHRCKE, neuere Forschungen über die Strahlen der positiven Elektrizität, $1\frac{1}{2}$ St. ebenda. — Geh. Bergrat Prof. Dr. LIEBISCH, neuere Anschauungen und Hilfsmittel auf dem Gebiete des mineralogischen Unterrichts, 3 St. im Mineralogisch-petrographischen Institut. — Prof. Dr. DIESSELHORST, elektrische Schwingungen und drahtlose Telegraphie, $1\frac{1}{2}$ St. in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. — Prof. Dr. BRAUER, Einfluß der Eiszeit auf die europäische Fauna, $1\frac{1}{2}$ St. im Zoologischen Institut. — Prof. Dr. E. MEYER, die physikalischen Grundlagen der technischen Elastizitätslehre, mit Vorführungen im Festigkeitslaboratorium, 3 St. in der Technischen Hochschule. — Prof. Dr. F. FISCHER, über die elektrolytische Gewinnung und Verarbeitung der Metalle, $1\frac{1}{2}$ St. im Chemischen Institut. — Prof. Dr. DIELS, Naturbilder aus dem Kapland, nach eigenen Reisen, mit Lichtbildern, 2 St. in der Alten Urania. — Hauptmann a. D. VON KROGH, Entwickelung und augenblicklicher Stand der Luftschiffahrt, mit Lichtbildern, 2 St. ebenda. —

Die praktischen Übungen umfaßten

a) an Vormittagen 8×2 Stunden: ausgewählte Schülerübungen aus allen Gebieten der Physik (Prof. HAHN); Übungen in der Ausführung chemischer und elektrochemischer Unterrichtsversuche (Prof. Dr. BÖTTGER); Übungen in der mechanischen Werkstatt (Mechaniker F. HINTZE); Zoologische Übungen mit besonderer Rücksicht auf den für biologische Schülerübungen wichtigen Lehrstoff (Prof. Dr. RÖSELER). —

b) an Nachmittagen 6×2 Stunden: Schulversuche aus dem Gebiete der Akustik und Optik (Prof. BOHN); Übungen aus dem Gebiete der Mikroskopie (Entwickelungsgeschichte und Physiologie der Pflanzen), Prof. Dr. KOLKWITZ.

An den Kursus schloß sich, außer der Besichtigung von Instituten, eine geologische Exkursion nach dem böhmischen Mittelgebirge unter Führung des Geh. Bergrats Prof. Dr. Liebisch.

Mit dem Kursus verbunden war auch diesmal eine Ausstellung physikalischer und chemischer Apparate sowie naturgeschichtlicher Demonstrationsobjekte.

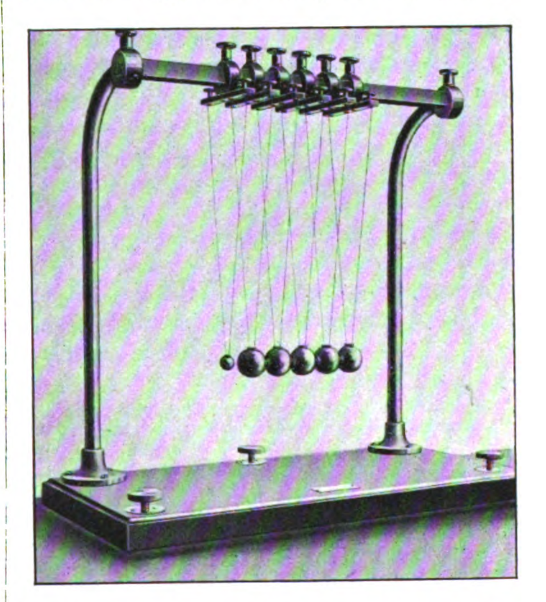
Mitteilungen aus Werkstätten.

Ein neuer Apparat zur Demonstration des elastischen Stoßes.

Von Dr. A. KOEPSEL, Mechanische Werkstätte G. m. b. H.
Berlin-Charlottenburg, Spreestr. 22.

Die Idee des Herrn G.-R. Professor Dr. Rubens, bei Versuchen über den elastischen Stoß Stahlkugeln zu benutzen (vgl. d. Zeitschr. *22*, *307*), führte zu so überraschenden Resultaten, daß das Interesse an solchen Apparaten neu belebt worden ist. Präzise Resultate können indessen nur mit Präzisionsapparaten erreicht werden, da von der genauen Erfüllung gewisser Bedingungen das Gelingen der Versuche über elastischen Stoß wesentlich abhängt. Mit dem von oben genannter Firma hergestellten Apparat lassen sich die notwendigen Vorbedingungen sicher und leicht erfüllen.

Der Apparat besteht aus einem soliden, aus gezogenem Eisen gefertigten Gestell, welches auf einer Grundplatte, die mit Stellschrauben horizontal gestellt werden kann, montiert ist. Das Gestell trägt ein kräftiges Messingprisma, auf dem Messingschlitten verschiebbar angeordnet sind, an welchen die



Stahlkugeln durch Schnüre aufgehängt sind. Die Länge der Schnüre ist durch Wirbel

regulierbar, so daß die Bedingung, daß die Mittelpunkte der Stahlkugeln alle in einer geraden Linie liegen, leicht erfüllbar ist. Durch Verschiebung der Schlitten kann ferner leicht erreicht werden, daß die Kugeln sich ohne Druck gerade berühren. Jeder Schlitten kann in der gewünschten Stellung vermittelst Druckschraube festgestellt werden.

Bei guter Politur der Kugeln kommt der Apparat erst nach ca. 200 Stößen zur Ruhe.

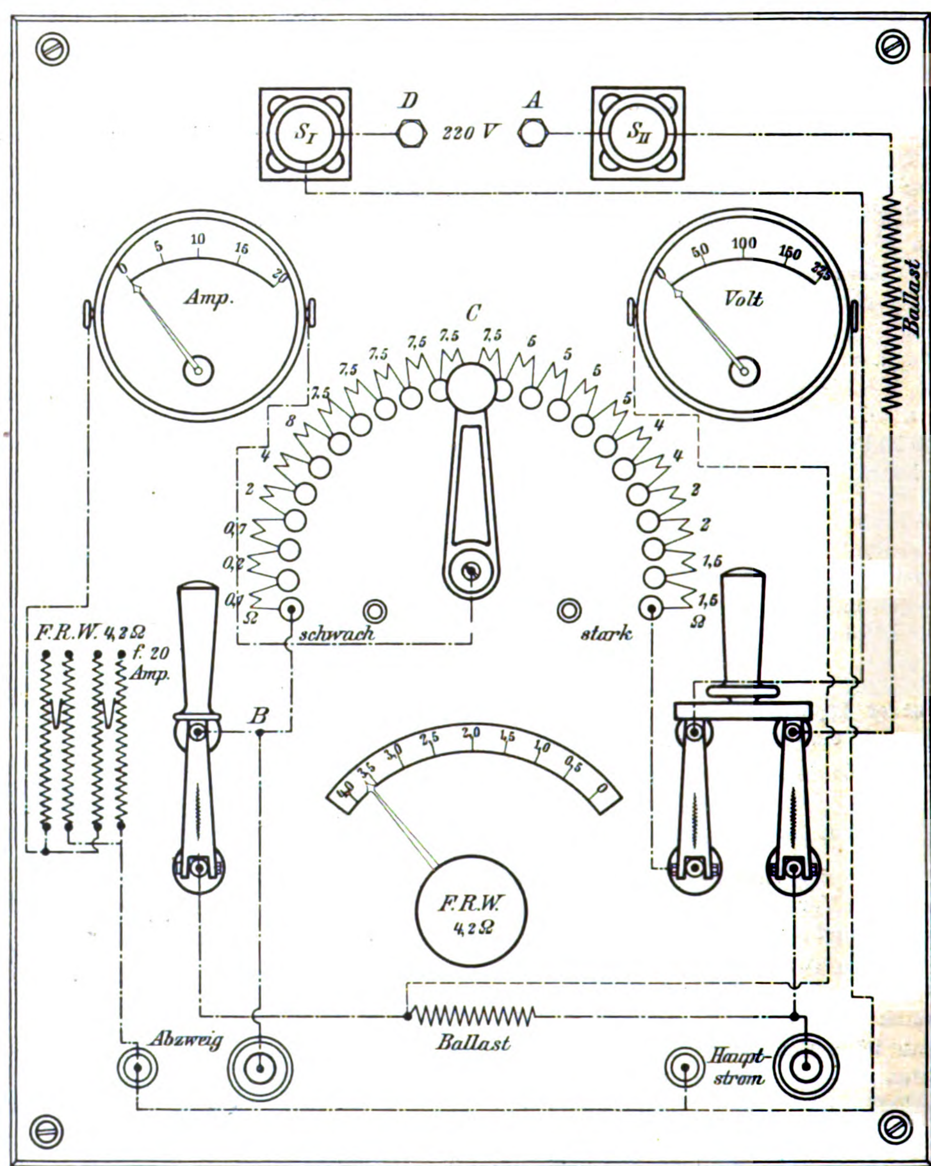
Der Preis des Apparates ist 55 M Grundpreis und für jede Stahlkugel von 1″ Durchmesser nebst Schlitten 5 M mehr.

Eine neue Experimentierschalttafel mit einfachem Kurbelregulator.

Von Ernst Brunn in Sonderburg.

Aus den Werkstätten von Gebr. Ruhstrat in Göttingen.

Die Abbildung zeigt das Schaltungsschema einer Tafel, die für das Arbeiten mit Haupt-



strom und mit Zweigstrom eingerichtet ist. In der gewöhnlichen Ausführung der Tafel (s. Abbildung) kann die Hauptstromstärke bis zu 20 Ampere, die Zweigstromstärke bis zu fast 15 Ampere gesteigert werden. Genauer gesprochen, es läßt sich bei Apparaten von 0,1, 1, 10, 100 Ohm Widerstand die Stärke des Zweigstroms in diesen auf 14,5,

13,6, 8,3 und 1,7 Ampere steigern bei 220 Volt Netzspannung. Innerhalb dieses Bereiches kann auf jede gewünschte Stromstärke einreguliert werden. Will man z. B. durch einen Apparat von 1 Ohm einen Strom von 4,3 Amp. treiben, so ergibt die Stellung der Hauptkurbel bei Kontakt 12 4,2 Ampere, die bei 13 4,7 Ampere. Die Feinregulierung erlaubt dann, von 4,7 auf 4,3 Ampere herunterzugehen. Kurz, die Abstufung geschieht zunächst durch den einfachen Kurbelschalter in solchen Stufen, daß diese durch die Feinregulierung vollständig ohne Lücke überbrückt werden, und dadurch jede wünschenswerte Stromstärke genau erreicht wird.

Die an der Tafel angebrachten Meßinstrumente sind nahezu aperiodisch sich einstellende Apparate nach Deprez d'Arsonval; sie messen die Stromstärke und Klemmenspannung des eingeschalteten Apparats, letztere einschließlich der von der Feinregulierung verbrauchten Voltzahl.

Der „einfache Kurbelregulator“ dürfte vor den gebräuchlichen Doppelkurbeln den Vorzug der ungemein einfachen Handhabung und den des unbedingt sicheren, zuverlässigen und bequemen Arbeitens haben. Die Benutzung gestaltet sich sehr angenehm, wie ich aus eigener, langjähriger Erfahrung bezeugen kann, da ich bereits im Jahre 1896 eine in den Grundzügen gleiche Tafel habe ausführen lassen. Hinzugekommen ist jetzt die Feinregulierung und die Hauptstromeinrichtung.

Die Tafel wird zu 280 M von der Elektrizitätsgesellschaft Gebr. Ruhstrat in Göttingen geliefert. Außerdem in anderen Ausführungen unter Nr. 992 entsprechend A, B und C der Tafel 1002 dK des Katalogs der Firma, aber um 100 M billiger als diese.

Korrespondenz.

Zu der Beschreibung des selbsttätigen Hebers in Heft 3, S. 207 teilt Herr O. Postma in Groningen noch folgendes mit.

„Man kann den gewöhnlichen Heber auch sehr gut ohne vorhergehendes Ansaugen in Tätigkeit setzen, m. a. W. als einen selbsttätigen Heber gebrauchen. Man braucht dazu nur die Öffnung des kürzeren Schenkels beim Eintauchen in die Flüssigkeit etwa mit dem Finger abzuschließen. Wird nachher dieses Ende geöffnet, so stürzt sich die Flüssigkeit genau so wie beim „selbsttätigen“ Heber in die Höhe und erhebt sich bis zur Biegung des Hebers, wenn das über die Flüssigkeit herausragende Stück des Schenkels nicht zu groß (jedenfalls kürzer als das eintauchende) ist. Angesichts dieser Tatsache scheinen mir die Vorteile des neuen Instrumentes sehr problematisch, um so mehr, da die Ursache der Erscheinung hier nicht so klar hervortritt. Aus dieser Tatsache geht nämlich, wie mir scheint, hervor, daß nicht das Herunterstürzen der Flüssigkeit in den zweiten Schenkel des neuen Hebers die Ursache der weiteren Erhebung ist. Vielmehr ist es das Herunterstürzen der beim Eintauchen des Hebers gestiegenen Flüssigkeit in den Raum des Hebers überhaupt. Daß bei diesem neuen Instrument auch ohne Abschließen beim Eintauchen eine Steigung der Flüssigkeit und nachher eine automatische Wirkung des Hebers auftritt, wird verursacht durch den größeren Raum des Hebers und den längeren Weg, den die Flüssigkeit zurückzulegen hat.“

Zu der „Zusammenstellung von Versuchen über Fluorescenz und Phosphorescenz“ von C. Sternstein im 5. Heft d. Jahrgangs wird uns mitgeteilt, daß eine ganz vollständige Darstellung des behandelten Gegenstandes sich im IV. Band von Kaysers Handbuch der Spektroskopie (Leipzig 1908, bei Hirzel) findet, und zwar in den Kapiteln über Fluorescenz (Verfasser H. Konen) und Phosphorescenz (Verfasser H. Kayser). Ebenda sind die wirklichen Autoren der aufgeführten Versuche zu finden an Stelle der sekundären Quellen, die meist aus der Stokesschen Abhandlung geschöpft haben.

Sonderhefte der Zeitschrift. Von den Abhandlungen zur Didaktik und Philosophie der Naturwissenschaft ist soeben Heft 3 des zweiten Bandes erschienen: Die Zentrifugalkraft, ein Beitrag zur Revision der Newtonschen Bewegungsgesetze. Von F. Poske. Mit 36 Figuren. 80 S. M 3,—.

Himmelserscheinungen im Dezember 1909 und Januar 1910.

☿ Merkur, ♀ Venus, ☉ Sonne, ♂ Mars, ♃ Jupiter, ♄ Saturn, ☾ Mond, 0^h = Mitternacht.

		Dezember						Januar					
		4	9	14	19	24	29	3	8	13	18	23	28
☿	AR	$16^h 43^m$	17.17	17.52	18.27	19. 2	19.36	20. 8	20.35	20.54	20.57	20.43	20.17
	D	-23^0	-25^0	-25^0	-25^0	-25^0	-24^0	-22^0	-20^0	-18^0	-16^0	-15^0	-16^0
♀	AR	$20^h\ 7^m$	20.27	20.47	21. 4	21.20	21.34	21.46	21.56	22. 3	22. 6	22. 6	22. 1
	D	-23^0	−22	−20	−18	−17	−15	−13	−11	−10	−8	−7	−6
☉	AR	$16^h 41^m$	17. 3	17.25	17.47	18. 9	18.31	18.53	19.15	19.37	19.58	20.20	20.40
	D	-22^0	−23	−23	−23	−23	−23	−22° 53′	−22° 19′	−21° 35′	−20° 40′	−19° 35′	−18° 21′
♂	AR	$0^h 19^m$	0.26	0.34	0.42	0.51	1. 0	1.10	1.20	1.30	1.41	1.51	2. 2
	D	$+2^0$	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9	+10	+11	+12	+13
♃	AR	$12^h 39^m$		12 44		12.48		12.52		12.54		12.56	
	D	-3^0		−3		−4		−4		−4		−4	
♄	AR	$1^h\ 5^m$						1. 5					
	D	$+4^0$						+4					
☉	Aufg.	$7^h 54^m$	8. 0	8. 6	8.10	8.12	8.14	8.13	8.12	8. 9	8. 4	7.58	7.52
	Unterg.	$15^h 46^m$	15.44	15.44	15.44	15.47	15.51	15.56	16. 2	16. 9	16.17	16.26	16.35
☾	Aufg.	$23^h 26^m$	4. 4	9.55	12.29	13.58	18.36	—	5.25	9.54	11.22	13.56	20. 1
	Unterg.	$13^h\ 9^m$	14.12	16.50	23.23	5. 6	10.28	11.53	13.17	18.20	—	6.46	9.33
Sternzeit im mittl. Mittg.		$16^h 50^m 29^s$	17.10.12	17.29.55	17.49.38	18. 9.20	18.29. 3	18.48.46	19. 8.29	19.28.12	19.47.54	20. 7.37	20.27.20
Zeitgl.		$-9^m 52^s$	−7.45	−5.26	−2.59	−0.30	+1.58	+4.21	+6.35	+8.38	+10.24	+11.52	+13. 0

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Wintersanfang am 22. Dezember, $12^h 20^m$ M.E.Z.

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
	Dez. 12, $20^h 59^m$ Jan. 11, $12^h 51^m$	Dez. 20, $3^h 18^m$ Jan. 18, $11^h 20^m$	Dez. 26, $22^h 30^m$ Jan. 25, $12^h 51^m$	Dez. 4, $17^h 13^m$ Jan. 3, $14^h 27^m$

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im Dezember	unsichtbar	zuletzt 3¼ Stunden lang als Abendstern sichtbar	abends zuletzt noch 8 Stunden lang sichtbar	bis 6½ Stunden lang vor Sonnenaufgang sichtbar	abends zuletzt noch 7¾ Stunden lang sichtbar
im Januar	abends bis Mitte des Monats bis zu ½ Stunde sichtbar	am 8. erreicht sie die größte Helligkeit. Die Sichtbarkeitsdauer sinkt aber bis auf 1¾ Stunden	die Sichtbarkeitsdauer sinkt bis auf 7 Stunden	vom späten Abend an zuletzt 8 Stunden lang sichtbar	die Sichtbarkeitsdauer sinkt bis auf 5 Stunden

Eine in Deutschland **unsichtbare, partielle Sonnenfinsternis** findet am Abend des 12. Dezember statt. Dieselbe wird nur im südöstlichen Australien, Neuseeland und im südlichen Polarmeer sichtbar sein.

Der **Halleysche Komet** befindet sich in folgenden Positionen:

Dezember 3	$\alpha = 4^h 15^m,9$	$\delta = +15^0,8$		Januar 2	$\alpha = 2^h\ 7^m,5$	$\delta = +11^0,1$
13	$3^h 31^m,1$	$14^0,5$		12	$1^h 36^m,5$	$9^0,7$
23	$2^h 46^m,6$	$12^0,8$		22	$1^h 13^m,2$	$8^0,6$

Voraussichtlich wird jedoch der Komet zunächst noch ein schwaches, teleskopisches Objekt bleiben.

Veränderliche Sterne (M.E.Z.):

Dez. 4	20^h	δ Cephei-Max.	Dez. 16		R Lyrae-Min.	Dez. 24	22^h	δ Cephei-Min.
8	19^h	δ Cephei-Min.	16	$19^h 16^m$	Algol-Min.	Jan. 5	$20^h 58^m$	Algol-Min.
13	$22^h 27^m$	Algol-Min.	20	22^h	δ Cephei-Max.	8	$17^h 47^m$	Algol-Min.

F. Koerber.

Namen-Verzeichnis.

Bei Original-Beiträgen sind die Namen der Verfasser gesperrt gedruckt.



Sach-Verzeichnis.

Bei Original-Beiträgen sind die Namen der Verfasser gesperrt gedruckt.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.





